

TESIS DOCTORAL

**AAAS: MODELO DE EVALUACIÓN AUTOMÁTICA
DE COMPETENCIAS EN EL LABORATORIO REMOTO VISIR,
A TRAVÉS DE *LEARNING ANALYTICS*
Y RÚBRICAS DE APRENDIZAJE**



UNIVERSIDAD DE DEUSTO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Presentada por Dña. SUSANA ROMERO YESA
dentro del Programa de Doctorado en INGENIERÍA INFORMÁTICA Y
TELECOMUNICACIÓN

Dirigida por el Dr. D. JAVIER GARCÍA ZUBIA
y por la Dra. Dña. MARILUZ GUENAGA GÓMEZ

El Director

La Directora

La Doctoranda

BILBAO, JULIO DE 2015

A mis chicos

EDUCAR

*Educación es lo mismo
que poner motor a una barca...
hay que medir, pesar, equilibrar...
... y poner todo en marcha.*

*Para eso,
uno tiene que llevar en el alma
un poco de marino...
un poco de pirata...
un poco de poeta...
y un kilo y medio de paciencia
concentrada.*

*Pero es consolador soñar
mientras uno trabaja,
que ese barco, ese niño
irá muy lejos por el agua.
Soñar que ese navío
llevará nuestra carga de palabras
hacia puertos distantes,
hacia islas lejanas.*

*Soñar que cuando un día
esté durmiendo nuestra propia barca,
en barcos nuevos seguirá
nuestra bandera
enarbolada.*

Gabriel Celaya

(poeta e ingeniero)

Resumen

Desde la implantación en las universidades de nuevos procesos de enseñanza-aprendizaje para adaptarse a las pautas promovidas por la Declaración de Bolonia, se pasa del docente como poseedor de conocimiento al docente como facilitador del aprendizaje. Los estudiantes deben adquirir competencias y no solo contenidos, y máxime cuando las titulaciones son técnicas, las competencias prácticas se convierten en algo fundamental en las asignaturas. Este nuevo enfoque del contexto experiencial es acompañado de cambios en la evaluación: ésta debe ser continua, evaluando el proceso y no sólo el producto final, y con recursos acordes a las competencias que se quieren trabajar y evaluar. En las carreras técnicas esto se traduce en la utilización de laboratorios para cubrir dichas competencias prácticas y su evaluación, con los problemas técnicos, logísticos y de tiempo que ello conlleva.

En este contexto se desarrolla este trabajo de investigación, dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto, donde cada vez en más asignaturas se hace uso de los laboratorios remotos como complemento de los laboratorios tradicionales para la adquisición y evaluación de competencias prácticas. Así, se propone un modelo de evaluación automática de competencias en un laboratorio remoto concreto, VISIR, a través de *learning analytics* y rúbricas de evaluación.

El modelo propuesto, AAAS (Activities Automatic Assessment System), es el resultado del estudio y del análisis realizado sobre otros modelos ya existentes y posee todas las características de la denominada “evaluación eficaz”. Dentro de esta evaluación se hace hincapié en sus dos objetivos, la evaluación formativa y la evaluación sumativa, y en los dos sujetos que necesitan de dicha evaluación, el docente y el estudiante. Se pretende así dotar a ambos de la retroalimentación necesaria para conocer el proceso de enseñanza-aprendizaje desarrollado, de modo que tengan opción a modificarlo si así lo desean.

Para realizar dicha evaluación se utilizan los datos que se recogen directamente de la actividad realizada durante el uso del laboratorio remoto, los cuales son tratados mediante técnicas de analíticas de aprendizaje y la aplicación de rúbricas de evaluación. Así, la combinación de las tres áreas en las que se sustenta esta tesis: uso de laboratorios remotos para experimentación y evaluación de competencias prácticas, aplicación de técnicas de analíticas de aprendizaje para el seguimiento del proceso, y el uso de rúbricas de evaluación constituye un campo tecnológico único y novedoso no abordado hasta el momento.

Abstract

Since universities introduced new procedures for teaching and learning to comply with the Bologna Declaration, the role of the teacher changes and its mission is now to support students in their learning process. Students should acquire skills and not just content, especially when their degrees are technical, where practical skills become fundamental to the subjects. This new approach of experiential context is accompanied by changes in assessment: it must be continuous, assessing the process and not just the final product and resources commensurate with the skills that it needs to work and evaluate. The use of laboratories to cover such practical skills and their assessment has technical, logistical and time problems.

This research takes place in this context, at the Faculty of Engineering of the University of Deusto, where more and more subjects use remote laboratories as a complement to traditional laboratories to acquire and assess practical skills. Thus, a model for automatic assessment of skills in a particular remote laboratory, VISIR, through learning analytics and evaluation rubrics is proposed.

The proposed model, AAAS (Activities Automatic Assessment System), is the result of study and analysis of other existing models and has all the characteristics of so-called "effective evaluation". This evaluation has two objectives, formative assessment and summative assessment. Formative assessment is important because it provides feedback both to teachers as to students in order to adapt the lectures to the learning process of the students and get a better knowledge about the real knowledge they have acquired.

To perform the evaluation, data are collected directly from the activity of the students while using the remote laboratory. These data are treated with techniques of learning analytics and evaluation rubrics. Thus, the combination of the three areas in which this thesis is based: use of remote laboratories to acquire and assess practical skills, application of analytical techniques for monitoring the learning process, and using assessment rubrics is a unique and novel technology field not developed so far.

Laburpena

Bolognako Adierazpenak bultzatutako jarraibideetara moldatzeko unibertsitateetan irakaste-ikaste prozesu berriak ezarri dira. Ezagutza duen eta transmititzen duen irakasle batetik ikaskuntza errazten duen batera pasa da. Ikasleek gaitasunak lortu behar dituzte eta ez edukiak soilik, eta bereziki tituluak teknikoak direnean, irakasgaien gaitasun praktikoak funtsezko bihurtzen dira. Esperientziaren testuinguru ikuspegi berri honek ebaluazioan aldaketak dakartza: prozesuak etengabeko ebaluazioa izan behar du eta ez da soilik azkeneko produktua ebaluatu behar, horretarako landu eta ebaluatu nahi diren gaitasunen arabera errekurtsio egokiez baliaturik. Karrera teknikoetan, aipaturiko gaitasun praktikoak eta horien ebaluazioa laborategi-erabilerarekin lortzen da, horrek ekartzen duen arazo tekniko, logistiko eta denbora arazoekin.

Ikerketa-lan hau testuinguru honetan garatzen da, Deustuko Unibertsitateko Ingeniaritza Fakultatean. Gaitasun praktikoak eskuratu eta ebaluatzeko gero eta irakasgai gehiagotan urruneko laborategiak erabiltzen dira laborategi tradizionalen osagarri bezala. Horrela, gaitasunen ebaluazio automatiko eredu berri bat proposatzen da urruneko laborategi jakin batean, VISIR, learning analytics eta ebaluazio errubriken bitartez.

Proposaturiko eredu, AAAS (Activities Automatic Assessment System), beste eredu batzuen gainean egindako ikerketa eta analisiaren emaitza da eta "ebaluazio eraginkorra" deituriko ezaugarri guztiak dauzka. Ebaluazio honen barruan bi helburu azpimarratzen dira, ebaluazio hezitzailea eta ebaluazio gehigarria, eta aipaturiko ebaluaziorako behar diren bi subjektuak, irakaslea eta ikaslea. Horrela, biek elkar elikatuko dute euren aktibitatearekin garatutako irakaste-ikaste prozesua ezagutzeko eta nahi izanez gero hura aldatzeko aukera izan dezaten.

Aipaturiko ebaluazioa egiteko urruneko laborategian egindako jardueretan zuzenki jasotako datuak erabiltzen dira, eta datu horiek ikasketa analisi teknikekin eta ebaluazio errubriken aplikazioekin tratatzen dira. Horrela, tesi hau hiru arloen konbinazioan oinarritzen da: gaitasun praktikoak esperimentatzeko eta ebaluatzeko urruneko laborategien erabilera, prozesuaren jarraipenerako ikasketa analisi tekniken aplikazioa eta ebaluazio errubriken erabilera, azken hau unera arte jorratu ez den teknologia alor paregabea eta berria da.

Agradecimientos

Una tesis es un trabajo individual pero en el que al final participan muchas personas de un modo u otro, y es a estas personas a las que quiero dar las gracias.

En primer lugar a mis directores de tesis, Javi y M^a Luz. A M^a Luz por permitirme compartir proyectos con ese gran grupo que es Learning, en el que no me cansaré de decir cuántas cosas se hacen con tan poca gente; y por estar ahí desde el principio, definiendo la idea y ayudándome a reflexionar. Y a Javi por introducirme en el universo de los laboratorios remotos, sin los cuales esta tesis nunca se hubiera imaginado; y por ser tan minucioso, tan quisquilloso con la redacción, y ayudarme a poner en orden y expresar con coherencia todo lo que estaba tan claro en mi cabeza. Y en este grupo quiero nombrar también a Unai y Pablo, a quienes tantas veces he dado la lata por un problema con el laboratorio, para configurar un experimento, obtener datos... y que siempre me han contestado con la mayor de las sonrisas. Gracias a los cuatro.

Pero como una mente relajada es una mente productiva, también quiero agradecer a todos aquellos que han compartido conmigo este tiempo de intenso trabajo: las reuniones de proyecto con un capuchino, las reuniones de laboratorio con un pincho de tortilla, el té de los lunes a la tarde para arreglar el mundo, las reuniones de vecinos en Villa Topo con cafecito y pastel... porque todos los problemas parecen más pequeños alrededor de una mesa. Gracias a todos.

Por supuesto, no falta en mis agradecimientos la familia: por estar ahí, por apoyarme, por mantenerse unida... y en especial a mis padres, por educarme tal como lo han hecho, que es lo que me ha llevado hasta aquí: ojalá mis hijos digan algún día algo así de mí.

Y por último y más importante, gracias a mis chicos: a mi Precioso, Aimar, la alegría de la casa; a mi Príncipe, Asier, para que no cambie; y a mi Amor, Alex, que está ahí desde el principio de los tiempos y puedo contar con él para TODO. Gracias chicos, sin vosotros muchas cosas no tendrían sentido.

Índice general

Resumen	vii
Abstract	ix
Laburpena.....	xi
Agradecimientos	xiii
Índice general	xv
Índice de Figuras.....	xix
Índice de Tablas	xxi
1. Introducción.....	1
1.1 Justificación de la investigación.....	3
1.2 Hipótesis y objetivos	5
1.3 Metodología de investigación.....	9
1.4 Organización de la memoria.....	11
2. Contextualización y antecedentes.....	13
2.1 Evaluación de competencias prácticas en electrónica	16
2.1.1 Evaluación eficaz.....	19
2.1.2 Evaluación formativa y sumativa.....	21
2.2 Los laboratorios remotos	23
2.2.1 ¿Qué es un laboratorio remoto?.....	26
2.2.2 Arquitectura de un laboratorio remoto	28
2.2.3 Laboratorios remotos de electrónica	29
2.2.4 Laboratorio remoto VISIR.....	32
2.2.5 Entorno y acciones posibles en el laboratorio VISIR	34
2.2.6 Proceso de realización de un ejercicio.....	38
2.2.7 Corrección manual de un ejercicio	40
2.3 Analíticas de aprendizaje.....	41
2.3.1 Diferencia entre analíticas de aprendizaje y otros tipos de análisis de datos	44

2.3.2	WebLab-Deusto	46
2.4	Corrección por rúbricas de evaluación.....	49
2.5	Conclusiones	57
3.	Estado del arte	59
3.1	La evaluación asistida por ordenador	61
3.1.1	Herramientas de evaluación <i>on-line</i>	63
3.2	Evaluación en laboratorios remotos	65
3.3	Entornos de uso de rúbricas de evaluación.....	66
3.4	Utilización de LA para evaluación	67
3.5	Comparativa de modelos existentes.....	69
3.6	SISA-EMU.....	70
3.6.1	Captura de datos.....	71
3.6.2	Preprocesador de datos.....	74
3.6.3	Análisis de datos.....	75
3.6.4	Muestra de resultados.....	75
3.7	AUTOEVAL	76
3.7.1	Captura de datos.....	77
3.7.2	Preprocesador de datos.....	77
3.7.3	Análisis de datos.....	77
3.7.4	Muestra de resultados.....	78
3.8	SAW.....	80
3.8.1	Captura de datos.....	80
3.8.2	Preprocesador de datos.....	82
3.8.3	Análisis de datos.....	82
3.8.4	Muestra de resultados.....	82
3.9	ALICE.....	83
3.9.1	Captura de datos.....	83
3.9.2	Preprocesador de datos.....	85

3.9.3	Análisis de datos	85
3.9.4	Muestra de resultados	86
3.10	CBVR	87
3.10.1	Captura de datos	87
3.10.2	Preprocesador de datos	88
3.10.3	Análisis de datos	89
3.10.4	Muestra de resultados	89
3.11	SDLDS	90
3.11.1	Captura de datos	90
3.11.2	Preprocesador de datos	91
3.11.3	Análisis de datos	91
3.11.4	Muestra de resultados	92
3.12	F3A	94
3.12.1	Captura de datos	94
3.12.2	Preprocesador de datos	95
3.12.3	Análisis de datos	95
3.12.4	Muestra de resultados	96
3.13	JAVAOPTICS	96
3.13.1	Captura de datos	97
3.13.2	Preprocesador de datos	98
3.13.3	Análisis de datos	98
3.13.4	Muestra de resultados	99
3.14	GOLDi	100
3.14.1	Captura de datos	100
3.14.2	Preprocesador de datos	102
3.14.3	Análisis de datos	103
3.14.4	Muestra de resultados	103
3.15	Resumen de los modelos analizados	104

4. Diseño e implementación del modelo propuesto	107
4.1 Descripción general del modelo propuesto.....	108
4.1.1 Captura de datos.....	109
4.1.2 Preprocesado de datos	111
4.1.3 Análisis de datos	115
4.1.4 Muestra de resultados.....	125
4.2 Resumen del modelo propuesto	131
4.3 Implementación del modelo propuesto	133
4.3.1 Captura de datos.....	134
4.3.2 Preprocesado de datos	136
4.3.3 Análisis de datos y muestra de resultados	137
4.4 Resumen de la implementación del modelo propuesto	140
5. Evaluación de la solución.....	141
5.1 Pruebas de evaluación del método propuesto	141
5.2 Pruebas de uso del modelo	142
5.2.1 Datos utilizados para las pruebas de uso del modelo.....	142
5.2.2 Resultados del análisis sobre el tipo de ejercicio	144
5.2.3 Resultados de la comparación cualitativa entre ejercicios	152
5.2.4 Resultados cuantitativos de los ejercicios	168
5.3 Contribución a los objetivos de los laboratorios remotos.....	194
5.4 Características de la “evaluación eficaz” en el modelo.....	194
5.5 Comparación de AAAS con respecto a los modelos analizados	194
5.6 Resumen de la evaluación del modelo.....	200
6. Conclusiones y líneas futuras	203
6.1 Publicaciones realizadas durante el trabajo de investigación.....	205
6.2 Líneas futuras.....	207
7. Referencias bibliográficas.....	209

Índice de Figuras

Figura 1.1	Representación de las fases del MFUD.	2
Figura 1.2	Esquema de la problemática que ha llevado al trabajo de investigación realizado.	4
Figura 1.3	Representación por áreas de las fases del OO2.	8
Figura 1.4	Esquema de la metodología de investigación seguida.	12
Figura 2.1	Relación de elementos a considerar para la realización de la evaluación eficaz de las competencias prácticas en electrónica.	15
Figura 2.2	Interfaz de un laboratorio remoto de microbótica.	25
Figura 2.3	Conceptos relativos a los laboratorios remotos.	28
Figura 2.4	Arquitectura básica cliente-servidor de un laboratorio remoto.	29
Figura 2.5	Página principal de acceso al OpenLabs.	33
Figura 2.6	Fotografía del laboratorio VISIR alojado en la Universidad de Deusto [GHG+11].	34
Figura 2.7	Pantalla de entrada a WebLab-Deusto.	35
Figura 2.8	Posibles experimentos dentro de WebLab-Deusto.	36
Figura 2.9	Pantalla de trabajo de un experimento en VISIR.	36
Figura 2.10	Pantalla desde la que seleccionar nuevos instrumentos.	37
Figura 2.11	Pantallas resultantes al pulsar el botón de instrumento correspondiente.	38
Figura 2.12	Ejemplo de montaje de un circuito.	39
Figura 2.13	Configuración de los instrumentos.	39
Figura 2.14	Elementos en los que fijarse en una evaluación manual.	40
Figura 2.15	Dos circuitos análogos pueden parecer diferentes.	40
Figura 2.16	Modelo de <i>Learning Analytics</i> propuesto por [RVG08].	43
Figura 2.17	Pasos para visualizar los detalles de interacción de una sesión.	47
Figura 2.18	Descarga de datos de lo realizado en WebLab-Deusto para un periodo, experimento y grupo.	50
Figura 2.19	Indicadores y características para la evaluación de ejercicios de resolución de circuitos de Corriente Continua realizados con VISIR.	55
Figura 2.20	Contextualización del trabajo de investigación.	58
Figura 3.1	El simulador SISA-F. Vista del depurador.	72
Figura 3.3	Problema propuesto a los alumnos.	73
Figura 3.2	El simulador SISA-F. Vista de la simulación.	73
Figura 3.4	Programa propuesto a los alumnos resuelto en lenguaje ensamblador.	74
Figura 3.5	Interfaz gráfica de la vista de los estudiantes.	79
Figura 3.6	Informe de configuración de una red.	79
Figura 3.7	Interfaz de creación de iGeom.	81
Figura 3.8	Página de asignaciones.	84
Figura 3.9	Utilización de rúbricas para la evaluación de grupo.	85
Figura 3.10	Revisiones basadas en los colores de cada alumno.	86

Figura 3.11	Contenido de la información que se proporciona al alumno para la evaluación.	88
Figura 3.12	Estructura del sistema SDLDS.	91
Figura 3.13	Ejemplo de solución del Módulo de Síntesis.	92
Figura 3.14	Ejemplo del Módulo Simulación.	93
Figura 3.15	Ejemplo del Módulo de Verificación.	93
Figura 3.16	Arquitectura de F3A.	95
Figura 3.17	Pantalla principal de la aplicación (www.ub.edu/javaoptics).	97
Figura 3.18	Ejemplo de traza generada por el programa de "pinzas ópticas".	98
Figura 3.19	Parte del informe generado a partir de la traza anterior.	99
Figura 3.20	Sistemas físicos y dispositivos de control de GOLDi.	101
Figura 3.21	Configuración de un experimento.	101
Figura 3.22	Panel de control para el ascensor.	102
Figura 4.1	AAAS: modelo de evaluación automática propuesto.	110
Figura 4.2	Primera fase del Modelo: captura de datos.	111
Figura 4.3	Segunda fase del Modelo: preprocesado de datos.	112
Figura 4.4	Parte del fichero con los datos recogidos de la actividad realizada.	112
Figura 4.5	Datos relevantes dentro de la celda seleccionada.	114
Figura 4.6	Tercera fase del Modelo: análisis de datos.	115
Figura 4.7	Tres zonas de conexiones posibles en un circuito.	116
Figura 4.8	Ejemplos de aplicación del algoritmo de identificación de la configuración de circuitos.	118
Figura 4.9	Posibles tipos de ejercicios según componentes e instrumentos utilizados.	119
Figura 4.10	Los instrumentos deben estar bien configurados en el caso de usarse.	121
Figura 4.11	Algoritmo de determinación del tipo de ejercicio.	122
Figura 4.12	Cuarta fase del Modelo: muestra de resultados.	125
Figura 4.13	Algoritmo de asignación de calificación según la ficha de evaluación.	132
Figura 4.14	Pantallas de la aplicación a partir de la principal (en el centro).	134
Figura 4.15	Se carga en la aplicación los ejercicios del profesor y del estudiante.	135
Figura 4.16	El ejercicio del profesor y el del estudiante se muestran en la pantalla principal una vez seleccionados.	135
Figura 4.17	Se puede optar por rellenar una ficha de evaluación nueva o seleccionar una previamente guardada.	136
Figura 4.18	Ejemplo de muestra del ejercicio del estudiante una vez preprocesado.	137
Figura 4.19	Resultados del análisis sobre la configuración y tipo del circuito.	138
Figura 4.20	Muestra de la comparación entre los ejercicios de profesor y estudiante.	139
Figura 4.21	Ficha de evaluación completada para evaluar ejercicios de medición de resistencias.	139
Figura 4.22	Muestra del resultado cuantitativo del ejercicio a partir de la ficha de evaluación.	140
Figura 5.1	Mensaje de error que devuelve VISIR cuando se intenta ejecutar un circuito que puede dañar el laboratorio.	151
Figura 5.2	Ficha de comparación completa con los indicadores y descriptores que se comparan.	153

Índice de Tablas

Tabla 2.1	Objetivos propuestos por ABET, que abarcan el propósito fundamental de los laboratorios educativos de ingeniería [FR05].	17
Tabla 2.2	Características de la evaluación eficaz y propuestas de herramientas a los problemas que plantea.	19
Tabla 2.3	Caracterización de laboratorios [Dor02].	26
Tabla 2.4	Ejemplo de petición de resultados para ver si los alumnos realizan bien un ejercicio.	41
Tabla 2.5	Comparación de fases de diferentes modelos presentados por [Eli11].	44
Tabla 2.6	Rúbrica para el trabajo de la competencia Comunicación Verbal [VP07].	52
Tabla 2.7	Objetivos cumplidos con VISIR en el desarrollo de la CE1.	54
Tabla 2.8	Muestra de cómo se transforma la información de evaluación en rúbrica.	56
Tabla 3.1	Relación entre objetivos de aprendizaje (columnas) y métodos de evaluación (filas) [SF14].	61
Tabla 3.2	Participantes en el estudio de [Maw13].	62
Tabla 3.3	Especificación del <i>script</i> de corrección.	75
Tabla 3.4	Lista de actividades de evaluación.	78
Tabla 3.5	Resumen de los modelos elegidos junto a sus características principales.	105
Tabla 4.1	Explicación de los datos recogidos en el fichero de trazas.	113
Tabla 4.2	Posibles valores de configuración del multímetro y de la fuente de alimentación.	116
Tabla 4.3	Significado de los tipos de ejercicio y de los errores asociados.	123
Tabla 4.4	Ejemplo de análisis de las trazas para determinar el tipo de un montaje concreto.	124
Tabla 4.5	Ejemplo de resultados del análisis sobre el tipo de ejercicio.	127
Tabla 4.6	Ejemplo de resultado de la comparación entre los ejercicios de profesor y de estudiante.	128
Tabla 4.7	Ejemplo de ficha de evaluación para un determinado ejercicio.	130
Tabla 4.8	Ejemplo de resultado de la aplicación de la ficha de evaluación a un determinado ejercicio.	131
Tabla 5.1	Indicadores posibles para cada tipo de ejercicio.	144
Tabla 5.2	Casos de prueba para determinar el tipo de un ejercicio.	145
Tabla 5.3	Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de montaje de circuitos.	154
Tabla 5.4	Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de montaje de circuitos con fuente de alimentación.	155
Tabla 5.5	Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de medición de voltaje.	157
Tabla 5.6	Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de medición de intensidad.	160
Tabla 5.7	Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de medición de resistencias.	164

Tabla 5.8	Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de comprobación del voltaje de la fuente de alimentación.....	166
Tabla 5.9	Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de montaje de circuitos.	169
Tabla 5.10	Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de montaje de circuitos con fuente de alimentación.	173
Tabla 5.11	Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de voltaje.	177
Tabla 5.12	Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de intensidad.	181
Tabla 5.13	Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de resistencias.	186
Tabla 5.14	Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de comprobación del voltaje de la fuente de alimentación.	191
Tabla 5.15	Contribución del modelo a los objetivos prácticos propuestos por ABET.	195
Tabla 5.16	Comprobación de las características de la “evaluación eficaz”.....	196
Tabla 5.17	Comparación de las características principales de los modelos elegidos con AAAS.	198
Tabla 5.18	Comparación de AAAS con otros modelos de evaluación.	199

Introducción

La presente tesis describe el trabajo realizado en el campo de las analíticas de aprendizaje aplicadas a los laboratorios remotos, dentro del contexto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto.

Con la llegada del Proceso Bolonia (www.ehea.info), puesto en marcha en 1999 a partir de la Declaración del mismo nombre, las universidades se ven inmersas en una reforma del sistema de enseñanza en muchos aspectos. Entre los objetivos cabe destacar la movilidad de estudiantes, personal de administración y servicios, docentes e investigadores, entre los países que suscriben el acuerdo, con la creación de un sistema de grados y créditos fácilmente equiparables, y la de garantizar una enseñanza de gran calidad. Si se lleva el reto a las aulas, la misión del docente es la de dar un giro al modelo formativo que venía protagonizando hasta entonces. El profesor debe pasar de ser “poseedor de conocimiento” a ser “facilitador” del mismo, y el estudiante toma un papel más activo, más autónomo, con un aprendizaje basado en competencias y no en contenidos, lo cual constituye el punto de partida de esta tesis.

El trabajo de investigación aquí presentado se desarrolla en el contexto de la Universidad de Deusto (UD, www.deusto.es), la cual desde el año 2001, a partir de la incorporación de la UD en el marco de las universidades europeas según la Declaración de Bolonia, ha implantado un nuevo modelo de formación centrado en la capacitación por competencias. El Modelo de Formación Universidad de Deusto (MFUD) [UD01] se concreta en cinco fases, recogidas en la Fig.1.1, para lograr el objetivo de un aprendizaje

autónomo y significativo por parte del alumno. Dentro de dicho modelo en esta tesis se hace hincapié en dos de sus fases, la experimentación activa y la evaluación del aprendizaje.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto la experimentación se desarrolla con ayuda de los laboratorios remotos junto a los laboratorios tradicionales. Gracias a los laboratorios remotos los estudiantes tienen a su alcance laboratorios reales que controlan a distancia, y a los que acceden a través de una interfaz dependiente del experimento a realizar, a cualquier hora del día y desde cualquier ubicación, con la única necesidad de un dispositivo móvil y de una conexión a Internet.

En cuanto a la fase de evaluación se tiene que lograr definir adecuadamente los objetivos de aprendizaje y los resultados esperados, de modo que éstos puedan ser correctamente evaluados. Si las competencias no se basan sólo en la adquisición de contenidos, la evaluación no puede ser sólo fruto de un examen final, y mucho menos teórico. Se tiene que evaluar tanto el resultado como el proceso con técnicas similares a las utilizadas durante el aprendizaje, durante todo el desarrollo de la asignatura y no sólo al final, realizando evaluaciones sumativas y formativas y permitiendo que el alumno conozca su propio progreso para poder avanzar o rectificar a tiempo. El proceso de evaluación así realizado no sólo supone un cambio de mentalidad sino una carga de trabajo importante para el docente.

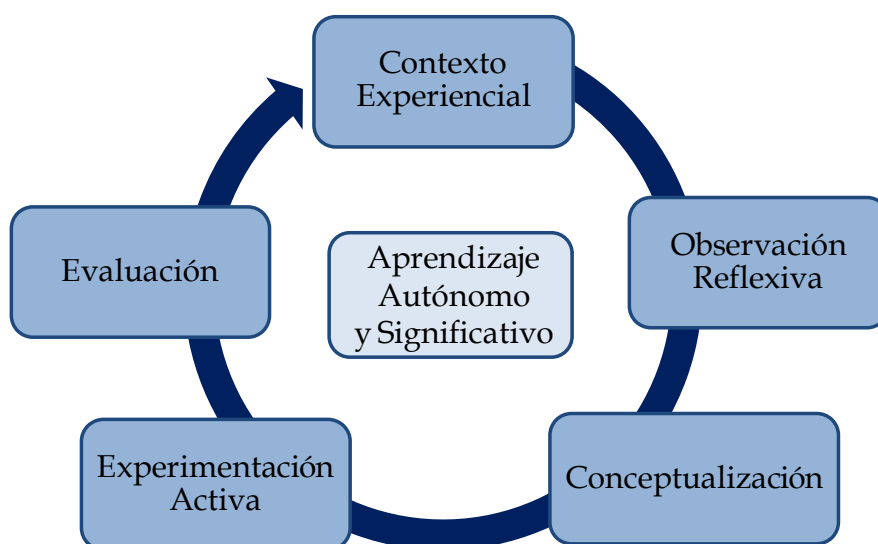


Figura 1.1 Representación de las fases del MFUD.

En este contexto se produce la aportación principal de esta tesis: aprovechar las técnicas proporcionadas por el área de las analíticas de aprendizaje para, aplicadas a la experimentación llevada a cabo con los laboratorios remotos, realizar una evaluación automática eficaz de las competencias prácticas en las asignaturas que hacen uso de dichos laboratorios.

En los siguientes apartados de este capítulo, tras la justificación de la investigación, se presentan el enunciando, la hipótesis y los objetivos a alcanzar, así como la metodología de investigación seguida para tal fin y cómo se organiza toda esta información en la memoria.

1.1 Justificación de la investigación

Independientemente del experimento de laboratorio remoto elegido, el objetivo de esta tesis es demostrar que se pueden aplicar técnicas de analíticas de aprendizaje al entorno de los laboratorios remotos que permitan analizar el proceso realizado en éstos.

Así, las razones que han llevado a esta investigación son varias y quedan resumidas en la Fig.1.2.

- A raíz de la entrada de las universidades en el Proceso Bolonia, éstas han tenido que adaptar no sólo sus planes de estudio sino la concepción de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para ello, en la Universidad de Deusto se ha creado un modelo de formación denominado Modelo de Formación Universidad de Deusto (MFUD) para la adecuación de sus estudios. Dentro de este modelo de formación, dos fases relevantes son la de experimentación activa y la de evaluación continua de competencias. Esto plantea los dos primeros problemas: la experimentación requiere de ciertos recursos, que no siempre están disponibles en el tiempo y cantidad necesarios; la evaluación, por otro lado, debe ser continua, con el incremento de tiempo por parte del profesor que esto supone, y debe ser desarrollada con los mismos recursos que se han utilizado para la experimentación.
- Si el punto anterior se aplica al ámbito de la ingeniería, y tal como señalan organizaciones mundialmente reconocidas como ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology, www.abet.org) [EAC03], entre los recursos de experimentación se debe contar con

laboratorios dotados de herramientas dependientes de las asignaturas, algunas de precio elevado, e incluso vigiladas por lo delicadas o peligrosas que son. Por ello, en la Universidad de Deusto hace ya una década que se apostó por el uso de Laboratorios Remotos (LR), para poner a disposición de los estudiantes laboratorios reales a través de Internet, y en uso 24 horas, 365 días al año. Esto resuelve el primero de los problemas, la necesidad de experimentación, pero a la vez añade dificultad a la fase de evaluación continua, ya que se dispone de información de todos y cada uno de los ejercicios realizados por los alumnos, que al utilizar los laboratorios remotos es mucho mayor tanto en volumen como en detalle. Dicha información se presenta excesiva y exhaustiva para poder ser procesada de un modo eficiente por los métodos convencionales.

- Esto lleva a la aplicación de la tecnología para la resolución del problema. Las técnicas de analíticas de aprendizaje (Learning Analytics, LA, en inglés) se empiezan a utilizar desde hace unos años, pero aún no se ha llegado al desarrollo de todo su potencial. En este trabajo se han utilizado dichas técnicas en un campo aún no explotado: el de los laboratorios remotos. Con ello se consigue resolver el problema de la evaluación continua, ya que se ha desarrollado un modelo para poder realizar dicha evaluación de forma automática. Esto hace ganar no solo en eficiencia, sino en objetividad y falta de errores en el proceso de evaluación.

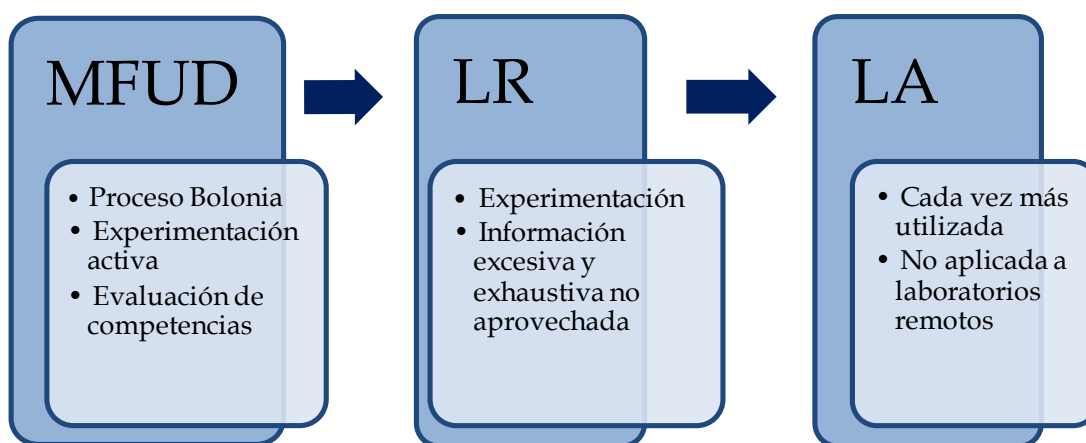


Figura 1.2 Esquema de la problemática que ha llevado al trabajo de investigación realizado.

1.2 Hipótesis y objetivos

Tomando como referencia el contexto y los problemas detallados en la justificación, la hipótesis de este trabajo de investigación se enuncia de la siguiente manera:

H. Es posible definir un modelo en el que se apliquen técnicas de analíticas de aprendizaje al campo de los laboratorios remotos que analice no sólo los datos de conexión sino todas las experiencias de uso, de modo que se puedan desarrollar herramientas automáticas de evaluación del aprendizaje.

Para validar la hipótesis expuesta, se ha diseñado AAAS (Activities Automatic Assessment System), basado en un modelo innovador y desplegado en una herramienta que permite su validación, por lo que el objetivo general de este trabajo de tesis es:

OG. Diseñar, implementar y comprobar la validez del modelo propuesto, el cual permite analizar los datos recogidos durante el uso de un laboratorio remoto con el objetivo de evaluar de forma automática el aprendizaje conseguido con dicho laboratorio.

De este objetivo general se derivan los siguientes objetivos específicos, los cuales están en línea con las acciones necesarias que se han llevado a cabo para la confirmación de la hipótesis enunciada anteriormente:

OE1. Analizar el estado del arte en cuanto a objetivos a cubrir por los laboratorios remotos y sus herramientas asociadas, los requisitos para realizar una evaluación eficaz y los modelos existentes para la evaluación automática de competencias prácticas en asignaturas tecnológicas, para determinar las características que debe cumplir el modelo.

OE2. Diseñar un modelo para el tratamiento de los datos recogidos durante el uso de laboratorios remotos, con el fin de facilitar la evaluación automática del aprendizaje.

- OE3. *Implementar una aplicación del modelo definido, centrado en un laboratorio remoto concreto.*
- OE4. *Validar el modelo presentado haciendo uso de la aplicación implementada y de los datos reales recogidos durante el desarrollo de una asignatura.*
- OE5. *Validar que el modelo cumple con los objetivos propuestos para los laboratorios remotos y sus herramientas asociadas, los requisitos para realizar una evaluación eficaz y las características definidas como fundamentales al analizar otros modelos existentes para la evaluación automática de competencias prácticas en asignaturas tecnológicas.*

Para satisfacer los objetivos específicos planteados, y con ello el objetivo general, y para la demostración de la hipótesis, se enuncian los siguientes objetivos operativos:

- OO1. *Análisis del estado del arte desde tres puntos de vista: los objetivos a cubrir por los laboratorios remotos y sus herramientas asociadas, los requisitos para realizar una evaluación eficaz y los modelos existentes para la evaluación automática de competencias prácticas en asignaturas tecnológicas. A partir del análisis realizado se obtienen las características que debe cumplir el nuevo modelo propuesto.*
- OO2. *Diseño e implementación del modelo, que se divide en las fases:*
 - OO2.1. *Captura de datos: los datos que alimentan al modelo son los ejercicios realizados por el profesor y por los estudiantes durante el desarrollo normal de la experimentación con el laboratorio remoto en una asignatura y las pautas de corrección que quiere aplicar el profesor a cada ejercicio.*
 - OO2.2. *Preprocesado de datos: analizada la información recibida del laboratorio remoto, se determina qué datos son útiles y para qué, y cuáles son prescindibles para el propósito buscado.*
 - OO2.3. *Análisis de datos: se estudia el significado de cada dato individualmente, y cómo influye sobre el resto de datos. Este trabajo está enmarcado en el área de los laboratorios remotos de electrónica, por lo que los datos hacen referencia a los componentes que forman parte de un*

circuito electrónico y los instrumentos de medida utilizados.

OO2.4. Muestra de resultados cualitativos: se muestran los resultados de la comparación entre los ejercicios de profesor y de estudiante, a partir del análisis de datos del OO2.3. Esto da lugar a una evaluación formativa, para que tanto profesor como estudiantes tengan la oportunidad de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje con datos objetivos y precisos.

OO2.5. Muestra de resultados cuantitativos: al análisis de datos del OO2.3 se aplica una plantilla de evaluación completada por el profesor para la asignación de pesos a cada indicador de la competencia, comúnmente denominada "rúbrica de evaluación". Estos resultados se utilizan como evaluación sumativa.

OO3. Validación del modelo: por una parte evaluando la aplicación desarrollada con los ejercicios obtenidos durante el uso del laboratorio en una asignatura para comprobar que el modelo es correcto; y por otra validando que cumple las características que se han determinado en el análisis del estado del arte en OO1.

Los objetivos operativos anteriormente descritos se dividen en tres grandes grupos: el análisis del estado del arte, el diseño e implementación del modelo y su validación. El segundo se divide además en objetivos operativos para cada una de las fases de que consta el modelo y se muestran en la Fig.1.3 de modo esquemático y ordenados por áreas: Laboratorios Remotos (LR), Analíticas de Aprendizaje (LA) y Modelo Formación UD (MFUD). Estos objetivos han servido de base para el desarrollo de un software que ayude en la validación de la hipótesis y que pueda ser utilizado posteriormente en un contexto real de aplicación.

La solución final debe además cumplir una serie de requisitos:

- R1. Los datos producidos durante el uso del laboratorio remoto deben recogerse de forma transparente para el usuario, es decir, tanto para el profesor como para el estudiante.
- R2. El posible mal funcionamiento del laboratorio remoto o la devolución de datos erróneos por parte de éste no deben interferir en la correcta evaluación del trabajo realizado por el estudiante.

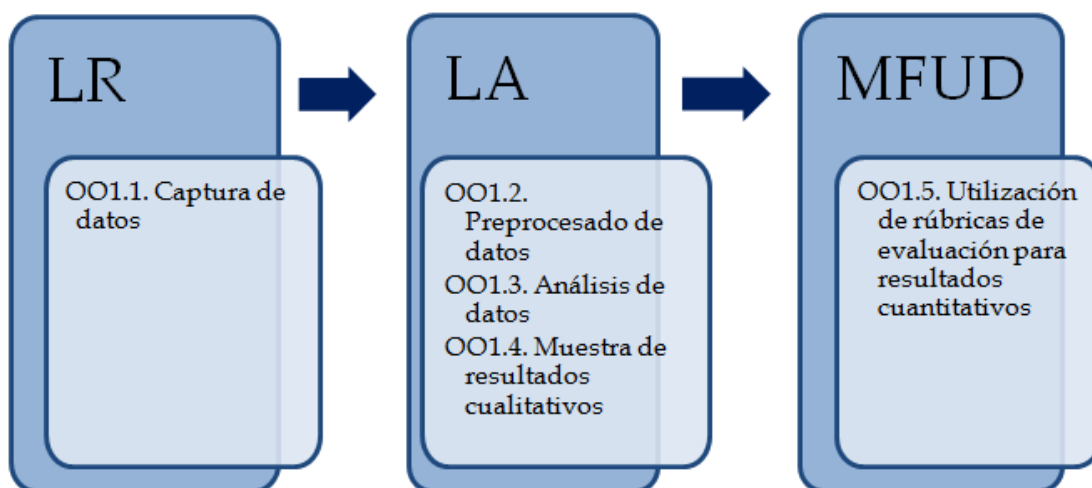


Figura 1.3 Representación por áreas de las fases del OO2.

- R3. La corrección automática no debe introducir procesos nuevos a los que ya realizaba el estudiante hasta el momento, por lo que el laboratorio remoto utilizado debe ser el mismo que usa durante las prácticas.
- R4. La interfaz para introducir los criterios de evaluación debe ser sencilla, facilitando el trabajo del docente y no incrementando el tiempo dedicado a la misma.
- R5. Los resultados de la evaluación automática deben presentarse de forma entendible para el usuario final, es decir, tanto para el profesor como para el estudiante.

Se quiere destacar aquí que la combinación de las tres áreas en las que se sustenta esta tesis: experimentación y evaluación de competencias a partir del MFUD, aplicación de técnicas de Analíticas de Aprendizaje, y el uso y evaluación con ayuda de los Laboratorios Remotos, constituye un campo tecnológico único y novedoso no abordado hasta el momento, como se muestra en los capítulos de contextualización y estado del arte.

Por otra parte, aunque de entre los laboratorios remotos existentes el modelo se aplica a uno concreto, éste puede ser aplicado a cualquier laboratorio remoto que permita recoger trazas durante su normal funcionamiento, aunque teniendo en cuenta las características propias de cada laboratorio en la implementación.

1.3 Metodología de investigación

El método de investigación llevado a cabo para realizar este trabajo de tesis ha sido posible gracias a la accesibilidad a los recursos, datos e información requeridos, y a la participación en un grupo de trabajo con proyectos de investigación en el área.

En este contexto, para llegar a la consecución de los objetivos se ha diseñado previamente un plan de trabajo basado en las siguientes actividades que, aunque se enumeran agrupadas por las tres temáticas que sustentan esta tesis, se desarrollan casi todas ellas en paralelo:

- MF-A1. Participación en diversas experiencias piloto en torno al Modelo Formación Deusto de la universidad, bajo la dirección del Vicerrectorado de Innovación y Calidad de la Universidad de Deusto.
- MF-A2. Participación en la unidad de investigación DeustoTech Learning de la Universidad de Deusto (dtlearning.deusto.es), en el área de experiencias de uso de la tecnología aplicada a educación.
- MF-A3. Recopilación, estudio y análisis de las publicaciones recientes de los trabajos relevantes en el ámbito de la evaluación de competencias prácticas en el ámbito tecnológico con la ayuda de herramientas informáticas.
- LA-A1. Recopilación, estudio y análisis de las publicaciones recientes de los trabajos relevantes en el ámbito de las analíticas de aprendizaje, centrando la atención en los campos de aplicación.
- LA-A2. Realización de un MOOC sobre la utilización del software WEKA para análisis de datos.
- LA-A3. Participación en la formación y dinamización del grupo SNOLA (Spanish Network Of Learning Analytics, snola.deusto.es), grupo de interés en torno a "*Learning Analytics*" y constituido por expertos españoles en esta área. Se concibió como una oportunidad para el intercambio de experiencias en este campo.
- LR-A1. Recopilación, estudio y análisis de las publicaciones recientes de

los trabajos relevantes en el ámbito de los laboratorios remotos.

- LR-A2. Participación en varios proyectos dentro del Programa Aristos Campus Mundus, junto al grupo IQS de la Universitat Ramon Llull de Barcelona, para corroborar los beneficios del uso de los laboratorios remotos para el aprendizaje de electrónica.
- LR-A3. Estudio de las trazas proporcionadas por el administrador del RLMS (Remote Laboratory Management System) WebLab-Deusto (weblab.deusto.es), en las que se basa esta tesis.
- M-A1. Diseño del modelo propuesto utilizando el concepto de “analíticas de aprendizaje” para evaluar de forma automática las competencias prácticas desarrolladas por los estudiantes durante el uso de los laboratorios remotos.
- M-A2. Implementación de un prototipo operativo para la validación del modelo propuesto.
- M-A3. Participación en seminarios, talleres, conferencias y publicaciones relativas al trabajo realizado.

Las actividades arriba indicadas responden a la aplicación de la metodología de investigación del tipo investigación-acción [Lew92] representada en la Fig.1.4, donde se recogen las fases de que consta y los resultados obtenidos en cada una de ellas:

- F1. Identificación del problema: durante esta fase se realiza un estudio del campo para encontrar posibles problemas que pueden ser resueltos. En este caso, se encuentra una oportunidad en el análisis de las trazas (LA) proporcionadas por los laboratorios remotos (LR), más allá de la estadística descriptiva, para abordar el reto de la evaluación automática según el MFUD.
- F2. Planificación: una vez identificado el problema a solucionar, se planifican las acciones a seguir para la obtención del objetivo. En este estudio se decide realizar un modelo de corrección automática, basado en el análisis de las trazas de un laboratorio remoto concreto para demostrar que la información es útil para conocer el modo de utilización de dicho laboratorio. El modelo se

denomina AAAS (Activities Automatic Assessment System).

- F3. Desarrollo de acciones: se lleva a cabo la consecución de las acciones planificadas en el paso anterior; en este trabajo de tesis, el diseño e implementación del modelo que se propone en la fase anterior, para evaluar de forma automática las actividades realizadas con un laboratorio remoto concreto.
- F4. Observación y Evaluación: durante esta fase se observan los resultados obtenidos en las fases anteriores y se determina si se cumplen los objetivos planteados. En este caso se ha validado el modelo con los datos recogidos del uso del laboratorio remoto durante el desarrollo de una asignatura, se ha comprobado que cumple las características definidas para una “evaluación eficaz”, que ayuda en el cumplimiento de los objetivos propuestos por ABET para los laboratorios, y que presenta aportaciones con respecto a nueve modelos seleccionados y analizados. Se determinan además los límites del estudio y los nuevos retos a conseguir a partir de lo ya obtenido.

Como puede observarse esta metodología es cíclica, con lo que se consigue un proceso de mejora continua, bien solucionando objetivos no cumplidos o proponiendo nuevos retos en cada iteración.

1.4 Organización de la memoria

La memoria que presenta el trabajo doctoral realizado se divide en cuatro grandes partes, correspondientes a la metodología y resultados expuestos en el apartado anterior (Fig.1.4). Estas fases se han estructurado a su vez en los capítulos que se presentan a continuación.

En este primer capítulo se realiza una descripción general del trabajo de investigación, contextualizándolo y justificando su importancia por la identificación de la problemática encontrada. Constituye así la primera de las fases del proceso de investigación-acción.

Los dos siguientes capítulos pertenecen a la segunda fase, la de propuesta de una solución. En el capítulo 2 se profundiza en el contexto en el que se desarrolla la investigación, observando las características de cada área y cómo participan en el modelo propuesto. En el capítulo 3 se presenta el

estado del arte de otros modelos que poseen características comparables con el propuesto y que son referentes mundiales dentro del área al cual pertenecen, pudiendo así determinar la aportación real del nuevo modelo. El resultado de esta fase es la definición de las características que debe cumplir el modelo propuesto para que constituya la solución que se busca a la problemática encontrada.

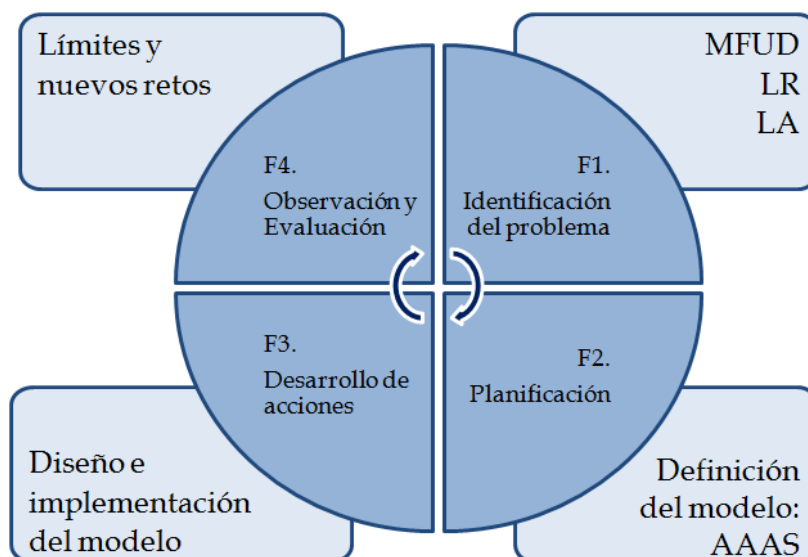


Figura 1.4 Esquema de la metodología de investigación seguida.

La tercera fase se expone en el capítulo 4, donde se describe el modelo y su implementación. Se comienza con el desarrollo de cada una de las fases descritas para el objetivo operativo 2 (OO2), tomando un ejercicio ejemplo como base para la explicación de todo el modelo. A continuación se presenta cómo se ha llevado a cabo la implementación y cómo actúa la aplicación desarrollada ante el mismo ejemplo visto anteriormente.

La cuarta fase la constituyen los dos últimos capítulos. En el capítulo 5 se valida el modelo diseñado en cuanto a corrección, haciendo uso de la herramienta implementada y de los datos obtenidos durante la realización de actividades con un laboratorio remoto en el contexto de una asignatura, y en cuanto al cumplimiento de las características obtenidas durante el desarrollo del objetivo operativo 1 (OO1) en el análisis del estado del arte. En el capítulo final, de conclusiones y líneas futuras, se revisa el cumplimiento de la hipótesis de partida (H) y se determinan los límites del estudio y los nuevos retos a conseguir a partir de lo ya obtenido.

Contextualización y antecedentes

Como se ha presentado en el capítulo primero, dos fases fundamentales en el proceso de enseñanza-aprendizaje son la de experimentación activa y la de evaluación de competencias.

Se pueden definir las competencias como *«la integración de una serie de elementos (conocimientos, técnicas, actitudes, procedimientos, valores) que una persona pone en juego en una situación problemática concreta, demostrando que es capaz de resolverla»* [UD01]. Es decir, no basta con “saber”, sino hay que “saber hacer”, y si bien es cierto que cualquier aprendizaje se consolida cuando se experimenta, en las carreras técnicas este hecho resulta crucial, lo que hace que los laboratorios, desde sus inicios, sean considerados parte fundamental en dichos estudios [CEE67] [QEE86] [ASE87].

No obstante, el uso de laboratorios para la experimentación tiene complicaciones logísticas. En la Universidad de Deusto la Facultad de Ingeniería dispone de laboratorios para el uso de los alumnos tanto en clases como en horario extraescolar. Sin embargo, hay veces, y sobre todo en determinadas épocas de mayor afluencia, en que el número de plazas y/o los horarios de apertura hacen difícil cubrir la demanda de uso de los estudiantes. Además, en las carreras de ingeniería, el tipo de instrumentación (osciloscopios, generadores de señal), su tamaño (máquinas neumáticas, motores eléctricos, sistemas de poleas), su precio (brazos robóticos, equipos

de realidad virtual), etc. hacen a menudo difícil la organización y mantenimiento de los equipos disponibles.

En cuanto a la evaluación, en las carreras técnicas, hay que prestar especial importancia a la evaluación de las competencias prácticas.

Sin embargo, mientras que a lo largo de los años se ha dado mucho énfasis al currículo, se ha escrito relativamente poco en cuanto al uso de laboratorios [Wan04].

De hecho, uno de los problemas de la experimentación en ingeniería con laboratorios es definir cuidadosamente los objetivos de aprendizaje, para que el uso de los laboratorios aporte de verdad un beneficio en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y esto no siempre se cumple. Los objetivos del curso son a menudo expresados en términos generales y su logro no suele ser evaluado. Y conocer bien los objetivos de aprendizaje y los resultados esperados es fundamental para evaluar el éxito y la evolución de un programa de laboratorio [FR05].

Las evaluaciones de uso de laboratorios que más a menudo se realizan son por ejemplo, la satisfacción de su uso mediante encuestas, y la eficacia del laboratorio o el grado de aprendizaje de los estudiantes con actividades de evaluación previas y posteriores a su uso [Nip02].

Así, en este capítulo se presenta en primer lugar en qué consiste la evaluación de competencias prácticas en electrónica, tomando como referencia las recomendaciones de ABET y del MFUD. Para ello además hay que tener claro qué se conoce por “evaluación eficaz”, en qué dos tipos se divide la evaluación considerando su objetivo principal, y los problemas para llevar a cabo estos tipos de evaluación cuando las competencias a trabajar son prácticas.

Tras esto, el resto del capítulo se divide en tres partes bien diferenciadas pero estrechamente relacionadas entre sí, ya que son los tres pilares sobre los que se fundamenta esta tesis.

En primer lugar, se hace una descripción de los laboratorios remotos, herramienta que soluciona algunos de esos problemas planteados al hablar de la evaluación práctica. Se explica en qué consisten, se presentan diversas alternativas disponibles para su uso en electrónica, y se ve paso a paso cómo se utiliza uno concreto, VISIR, que es en el que se centra esta tesis.

A continuación, se estudian las analíticas de aprendizaje, la diferencia de éstas con la analítica de datos, y se presenta la plataforma que permite realizar analíticas de aprendizaje en el entorno de VISIR: WebLab-Deusto.

Por último, se describe en qué consiste la evaluación por rúbricas, y cómo su uso constituye el elemento que falta para poder realizar una evaluación eficaz de las competencias prácticas, que es por donde comienza el capítulo.

El capítulo finaliza con un resumen en forma de conclusiones, tras la presentación de todos los elementos involucrados, y cuya relación se presenta en la Fig.2.1.

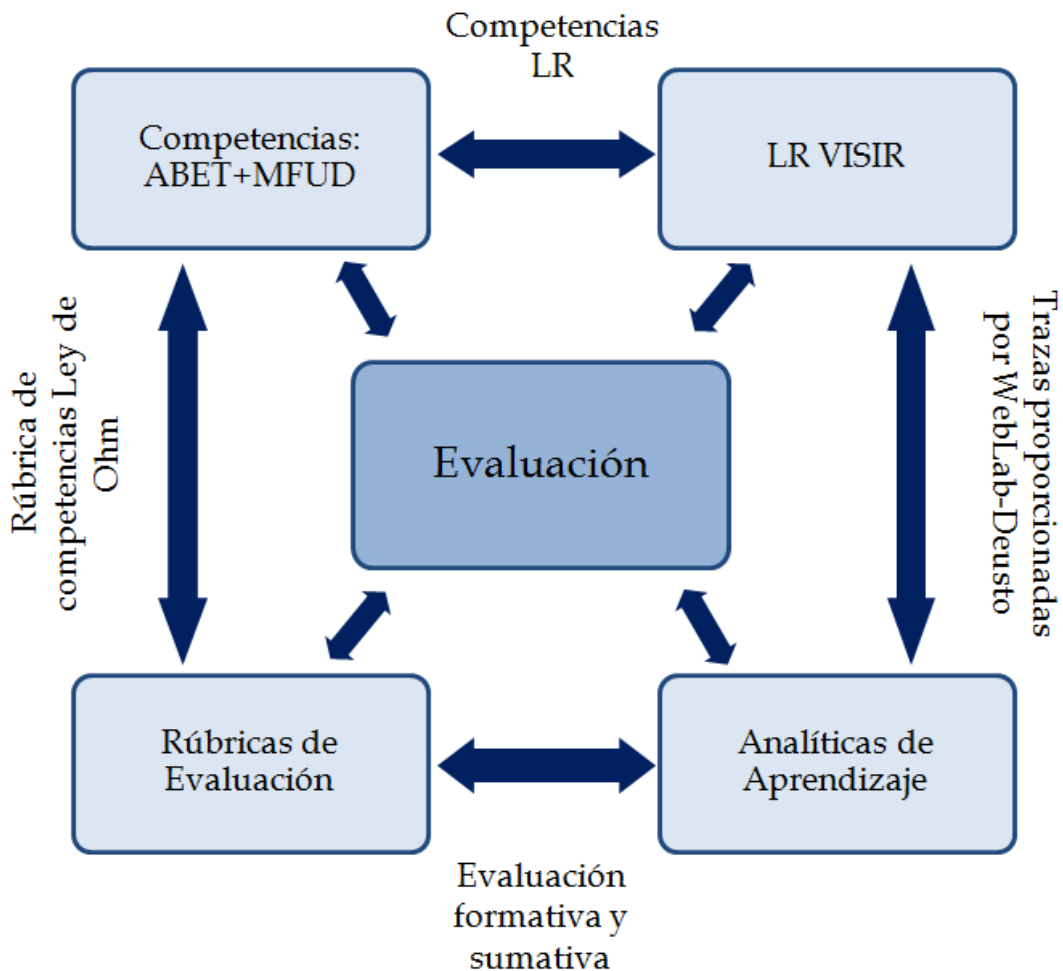


Figura 2.1 Relación de elementos a considerar para la realización de la evaluación eficaz de las competencias prácticas en electrónica.

2.1 Evaluación de competencias prácticas en electrónica

En primer lugar es necesario especificar qué se conoce por evaluación o, más concretamente, por evaluación pedagógica, como la definen y diferencian muchos autores [Cal79] [Nev83]. La RAE (Real Academia Española) recoge tres acepciones: señalar el valor de algo; estimar, apreciar, calcular el valor de algo; y estimar los conocimientos, aptitudes y rendimiento de los alumnos.

En esta tesis se hace referencia a la tercera forma, en tanto que como dice [JLD+12], se va a considerar la evaluación como *“actuaciones al servicio de la mejora integral de los educandos”*.

Tanto el término *“mejora integral”* como *“aptitudes”* hacen hincapié en algo más allá de los conocimientos o, lo que es lo mismo, en las competencias, por lo que parece lógico pensar que la evaluación debe llevarse a cabo teniendo en cuenta las competencias desarrolladas por el alumno.

Como ya se presentó en el capítulo primero de introducción, dentro de las carreras técnicas, unas de las competencias a tener muy en cuenta son las prácticas, y dentro de éstas se han elegido las referentes a electrónica por varias razones: afinidad y conocimiento y trabajo en el área, con lo que la sola resolución del problema resulta motivadora; son consideradas competencias básicas en múltiples carreras técnicas, lo que hace la solución ampliamente expandible y utilizable; y es un área con gran expansión en los últimos años, y por tanto con retos interesantes por resolver.

No obstante, como se menciona en la introducción de este capítulo, deben existir unos objetivos claramente definidos de lo que se pretende conseguir con los laboratorios, sean éstos remotos o de cualquier otro tipo. Aquí se toma como referencia las conclusiones a las que se llegó en la reunión que en torno a este tema celebró la organización americana ABET, dedicada a la acreditación de programas de educación universitaria o terciaria en disciplinas de ciencias aplicadas, ciencias de la computación, ingeniería y tecnología. Dicha reunión tuvo lugar en San Diego, en enero de 2002, con el apoyo de la Fundación Sloan, y de ella salió una lista de trece objetivos que abarcan el propósito fundamental de los laboratorios educativos de ingeniería, independientemente del tipo de laboratorio, con lo que son aplicables a los laboratorios remotos [FR05].

Como puede observarse en la Tabla 2.1, los objetivos fueron escritos utilizando el estilo generalmente aceptado de utilizar un verbo para especificar la acción que el estudiante debe ser capaz de realizar como resultado de la experiencia con el laboratorio: aplicar, identificar, demostrar, diseñar, etc. Entre los trece objetivos abarcan todos los dominios de conocimiento, desde los puramente cognitivos (instrumentación, modelos, experimentos, análisis de datos y diseño), hasta los relacionados con la psicomotricidad (manipulación de aparatos y conciencia sensorial), y los actitudinales (aprendizaje de los errores, creatividad, seguridad, comunicación, trabajo en equipo, y ética). Los laboratorios educativos deben atender a todos estos ámbitos para ser eficaces, y los estudiantes deben trabajar todas estas competencias para ser buenos ingenieros [EAC03].

Tabla 2.1 Objetivos propuestos por ABET, que abarcan el propósito fundamental de los laboratorios educativos de ingeniería [FR05].

OBJETIVOS	EXPLICACIÓN
Instrumentación	Utilizar los sensores, instrumentación, y/o herramientas de software apropiados para realizar mediciones de magnitudes físicas.
Modelos	Identificar las fortalezas y limitaciones de modelos teóricos como predictores de los comportamientos del mundo real. Esto incluye la evaluación de si una teoría describe adecuadamente un suceso físico, y establecer o validar la relación entre los datos medidos y los principios físicos subyacentes.
Experimentos	Elaborar un enfoque experimental, incluyendo los equipos y procedimientos apropiados, implementar estos procedimientos, e interpretar los datos resultantes para caracterizar materiales, componentes o sistemas.
Análisis de datos	Demostrar la capacidad de recopilar, analizar e interpretar los datos, y formarse y argumentar conclusiones. Usar sistemas de medida y conversión como magnitudes de medida de dichos juicios.
Diseño	Diseñar, construir o ensamblar una parte, un producto o un sistema, incluyendo el uso de metodologías, equipos o materiales específicos; el cumplimiento de los requisitos del cliente; desarrollando las especificaciones del sistemas que cumplen los requisitos; y probando y depurando el prototipo, sistema o proceso con las herramientas apropiadas para satisfacer los requisitos.

Tabla 2.1. Objetivos propuestos por ABET, que abarcan el propósito fundamental de los laboratorios educativos de ingeniería [FR05]. (Cont.)

Aprendizaje de los errores	Identificar los resultados fallidos debido a un equipo defectuoso, partes, código, construcción, proceso, o diseño, y rediseñar para una solución efectiva.
Creatividad	Demostrar niveles apropiados de pensamiento crítico, creatividad y capacidad en resolución de problemas del mundo real.
Psicomotricidad	Demostrar competencia en la selección, modificación y uso de las herramientas y recursos propios de la ingeniería.
Seguridad	Identificar las cuestiones de salud, seguridad y medio ambiente relacionadas con los procesos tecnológicos y actividades, y actuar de manera responsable con respecto a ellas.
Comunicación	Expresarse eficazmente sobre el trabajo de laboratorio, teniendo en cuenta la audiencia, tanto de forma oral como escrita, a nivel desde resúmenes ejecutivos hasta informes técnicos comprensivos.
Trabajo en equipo	Trabajar eficazmente en equipos, incluyendo responsabilidad individual y grupal; asignación de roles, responsabilidades y tareas; monitorización del progreso; cumplimiento de plazos; e integración de las contribuciones individuales en la entrega final.
Ética en el laboratorio	Comportarse según las normas éticas estándar, incluyendo la presentación de información de modo objetivo e interactuando con integridad.
Conciencia sensorial	Utilizar los sentidos para reunir información y realizar juicios relativos a la ingeniería en la formulación de conclusiones sobre los problemas del mundo real.

Parte de estas competencias coinciden con las propuestas en el MFUD como competencias genéricas para todas las titulaciones de la universidad [VP07], en línea con la Declaración de Bolonia que anuncia el denominado Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). De aquí surge a su vez el Proyecto Tuning (www.unideusto.org/tuningeu) [Wag03] [GW06], que lideran desde su inicio la Universidad de Deusto y la Universidad de Groningen (Holanda). Las competencias específicas propuestas por ABET también están contempladas, esta vez en las memorias de las titulaciones de Ingeniería de la Universidad de Deusto presentadas a la ANECA (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación) (www.aneca.es).

Una de las razones de la elección del laboratorio remoto utilizado en esta investigación, VISIR, es que cumple tanto con los criterios de ABET, como con los del MFUD y con los recogidos en las memorias de verificación de la ANECA, tal y como se expone en el apartado dedicado a los laboratorios remotos.

El objetivo para definir adecuadamente los objetivos prácticos de aprendizaje es que su evaluación debe estar claramente relacionada con la evidencia de destreza de dicha práctica, de forma que el alumno pueda demostrar que ha alcanzado el nivel requerido en la competencia. No obstante, en el siguiente apartado se pueden observar los problemas que surgen cuando se intenta llevar a la práctica esta afirmación.

2.1.1 Evaluación eficaz

El primer problema que se presenta es distinguir qué se entiende por una evaluación eficaz, para poder así descartar aquella que no lo es.

El término no es nuevo, y son muchos los autores [San00] [MS99] [RL96] que han sugerido diversas características propias de la evaluación eficaz. En [BP13] se encuentra una de las descripciones más exhaustivas, que es la que se va a utilizar. Las características se presentan en la Tabla 2.2, junto con los problemas intrínsecos que entrañan, enumerados por éstos y otros autores [BG03] [AKB01], y las herramientas que podrían utilizarse en cada caso para aportar soluciones parciales a los problemas asociados.

Tabla 2.2 Características de la evaluación eficaz y propuestas de herramientas a los problemas que plantea.

CARACTERÍSTICAS	EXPLICACIÓN	PROBLEMAS	HERRAMIENTAS
Válida	Medir del modo más concreto posible.	No siempre los criterios están bien pensados y detallados.	Rúbricas de evaluación
Fiable, consistente	Cualquier evaluador, ante la misma evidencia, debe llegar a la misma valoración.		
Debe estar más allá de toda discusión	La forma de calificar debe ser transparente para todos los interesados.		

Tabla 2.2 Características de la evaluación eficaz y propuestas de herramientas a los problemas que plantea. (Cont.)

Justa	Todos los estudiantes deben tener las mismas oportunidades de logro.	No todos los alumnos tienen las mismas destrezas de base en las competencias prácticas, por lo que el tiempo, si es limitado, influye negativamente en su desarrollo.	Laboratorios remotos para el desarrollo de la competencia y para su evaluación
Inclusiva	Los estudiantes diferentes deben poder afrontar las tareas con igualdad de oportunidades.	Estos estudiantes pueden tener aún más dificultades en el desarrollo de competencias prácticas, sólo solventadas con una mayor disposición de tiempo.	
Motivadora	Debe atraer a los estudiantes y animarlos para que se interesen por el tema.	El proceso de evaluación por su concepción no es motivador.	
Controlable	Realista en relación a los recursos disponibles.	Falta de recursos físicos y temporales para realizar un buen desarrollo y evaluación.	Laboratorios remotos para el desarrollo de la competencia, y analíticas de aprendizaje y rúbricas para evaluación
Auténtica	Evaluar el resultado que se pretende, verdaderamente representativo del logro buscado.	Elección no óptima de las evidencias de evaluación por falta de recursos.	
Exigente	Garantizar que se mantienen los estándares de rendimiento exigidos y que se ajustan al nivel adecuado para la etapa de estudio.		
Eficiente	El tiempo dedicado por los profesores a corregir debe ser proporcionado a la importancia del trabajo dentro del programa.		Analíticas de aprendizaje para evaluación

Como puede observarse, las herramientas propuestas para cada característica-problema hacen referencia a los tres elementos presentados en la introducción del capítulo: las rúbricas de evaluación, los laboratorios remotos y las analíticas de aprendizaje. En los siguientes apartados se analizan dichos elementos.

2.1.2 Evaluación formativa y sumativa

Además de las características para que una evaluación sea eficaz, se debe tener en cuenta cuál es el objetivo principal de la misma. Tal y como planteó ya [Scr67] en sus trabajos y se ha comenzado a tener de nuevo en cuenta con la llegada del Proceso de Bolonia [LCC11] [LCC+13], la evaluación tiene dos funciones fundamentales y diferenciadas, aunque complementarias: la social y la pedagógica. La primera, conocida también como sumativa, es la que sirve para acreditar socialmente el dominio de unos conocimientos y habilidades que, en determinados casos, habilitan para el ejercicio de ciertos oficios y profesiones. La segunda, formativa, se plantea para la mejora de la realidad evaluada.

La evaluación sumativa se realiza tradicionalmente al final de determinados periodos académicos y se suele concretar en una calificación. Es por ello que expertos como Bloom afirman que *“la nota única oculta más de lo que revela”* [BHM77], o Hills mantiene que *“es dudoso que la calificación pueda ayudar a mejorar el aprendizaje”* [Hil82]. Se refieren a cuando la evaluación es sólo una calificación, y más si ésta es fruto del trabajo en varias competencias, que no va acompañada de información sobre cuáles son los aspectos a mejorar, dónde están exactamente los fallos, o por dónde seguir. De ahí que la evaluación sumativa deba ir acompañada de la evaluación formativa para que sea completa. Además, la evaluación formativa se plantea para que acompañe al proceso de enseñanza-aprendizaje, dando orientaciones para avanzar y mejorar, de modo que se puedan tomar decisiones a tiempo, las cuales a su vez influirán positivamente en los resultados de la evaluación sumativa. Es lo que autores como [JLD+12] denominan evaluación integral, que *“implica que debe darse coherencia entre objetivos educativos y actuaciones docentes/educativas y la evaluación: en el contenido de la evaluación (todos los objetivos deben ser evaluados), en los momentos (si la enseñanza es continua, la evaluación debe también serlo), en las técnicas e instrumentos (acordes a los objetivos), y en el uso de la información (para mejorar)”*.

No obstante, tradicionalmente, cuando se evalúan asignaturas técnicas que tienen una parte de prácticas de laboratorio, dicha evaluación suele basarse en resultados o productos finales, aunque se realice de forma continua, semanalmente por ejemplo. El docente no acompaña individualmente a cada alumno mientras realiza una práctica, por lo que es normal que se pasen por alto errores cometidos en los procedimientos y, cuando hay un problema, suele ser difícil de localizar. Esto hace que la información ofrecida al alumno sobre su progreso y el modo de vencer las dificultades, no sea suficientemente detallada a nivel individual, y determina que la evaluación formativa de asignaturas prácticas sea tan complicada. Es en esta evaluación, la formativa, aplicada a competencias prácticas, en la que se centra esta tesis.

Lo ideal es conseguir que la evaluación realizada sea eficaz, con las características que definen este tipo de evaluación tal y como se ha detallado en la Tabla 2.2 y que no sea sólo sumativa sino también formativa [HJ97]. Y para ello se pueden enumerar los siguientes objetivos como los idóneos a alcanzar:

- Tener una metodología de recogida de evidencias que representen a las competencias que se pretenden evaluar.
- Evaluar una muestra de ejercicios o prácticas de laboratorio lo suficientemente amplia para que resulte significativa.
- Utilizar métodos que reduzcan la carga de trabajo de la corrección haciéndola manejable.
- Tener un sistema de evaluación objetivo, claro y preciso, que evite ambigüedades ante igualdad de ejercicios o diferentes evaluadores.
- Utilizar para la evaluación las mismas herramientas que se han utilizado durante el desarrollo de las competencias.
- Utilizar herramientas de desarrollo y evaluación de competencias eficaces desde el punto de vista del aprendizaje, y a poder ser motivadoras para el alumno.
- Utilizar herramientas integradoras que permitan a alumnos con necesidades especiales desarrollar las competencias requeridas al ritmo deseado.
- Dar retroalimentación al alumno sobre el progreso conseguido y no sólo sobre el producto final. La información que el alumno obtiene le sirve para la autorregulación de su proceso de aprendizaje [NM06],

permitiéndole alcanzar los objetivos buscados y buscar sus propias estrategias [BW95].

- Facilitar al profesor información sobre el rendimiento de los estudiantes para tomar decisiones sobre la necesidad de realizar ajustes en los métodos docentes cuando aún queda tiempo [Bos02] [Can05].

En [BW98] se puede encontrar una extensa investigación sobre cómo la evaluación formativa eleva los objetivos conseguidos en el aula y [Bos02] proporciona algunos ejemplos y recursos relevantes sobre cómo realizar una evaluación formativa de calidad.

[Shu08] por su parte presenta los resultados de la revisión de una extensa bibliografía sobre la retroalimentación, sus características, funciones, interacciones y vínculos con el aprendizaje, todo ello con ejemplos de apoyo. [HMM09] realizan asimismo un estudio exhaustivo sobre el uso de herramientas electrónicas para la evaluación formativa.

Una vez más, estos objetivos se cumplen con la utilización de laboratorios remotos, analíticas de aprendizaje y rúbricas, tal y como se ve en los apartados siguientes. Así, la descripción de estos elementos es fundamental ya que, aunque la aportación de esta tesis no consiste en la mejora de los aspectos tecnológicos que los soportan, constituyen la base sobre la que se sustenta la solución propuesta, que cumple todas las características de la evaluación eficaz como ya se verá en el capítulo 5 de evaluación.

2.2 Los laboratorios remotos

El nacimiento de Internet (1985), y con ello el comienzo de la educación *online*, produce un giro de 180 grados en la enseñanza. Las nuevas tecnologías permiten hacer cosas antes impensables, como la ejecución de programas o la comunicación con ordenadores situados a miles de kilómetros de distancia. En la década de los 90 nace el concepto *e-learning* junto a los llamados campus virtuales. La tecnología entra así de lleno en el proceso de aprendizaje, bien como complemento en las aulas o como alternativa a éstas. Comienza el uso de simuladores, laboratorios virtuales, programas multimedia o simples vídeos demostrativos. Pero todos ellos con un mismo objetivo: que el alumno adquiriera una serie de competencias sin los

riesgos o problemas que se darían en un ambiente real. Con el avance de la tecnología y la mejora de las conexiones, las aplicaciones son cada vez más sofisticadas por lo cercanas a la realidad, permitiendo nuevas modalidades como el aprendizaje colaborativo y la comunicación con los equipos en tiempo real.

Es en este contexto donde nacen los primeros laboratorios remotos [AMM91] [AB96]. Su uso determina una optimización de los recursos, por una parte porque al ser accesible a través de la red, está disponible 7/24 (los siete días de la semana, las 24 horas) desde cualquier lugar del mundo, y por otra porque se eliminan los problemas asociados a la integridad, tanto de los equipos como de los propios usuarios. Así, un estudiante puede complementar su formación en el laboratorio clásico, con las actividades que realiza en el laboratorio remoto, teniendo además la libertad de elegir tanto el momento como la duración de su aprendizaje [CNE+04] [FR05] [GG07] [PA07] [AG12].

El uso de laboratorios remotos está avalado por numerosos autores [GCC+07] [MV07] [SCU07]. En la propia Universidad de Deusto se han realizado varios estudios para ver la utilidad de los laboratorios que se utilizan en la Universidad y la imagen que de dichos laboratorios tienen los alumnos, y los resultados han sido satisfactorios [GHA+09] [GNZ+09] [GOH+09] [GOA+11] [GRG+13a] [GRG+13b].

En la Fig.2.2 puede observarse un ejemplo de interfaz que se encuentra un estudiante que accede a un laboratorio remoto de microbótica (www.weblab.deusto.es) [GM05] [GLO+06b]. Éste puede comprobar cómo se mueve un microbot sin más que activar las diferentes direcciones, o ver cómo funciona un programa que él mismo ha realizado y ha enviado al laboratorio. Al otro lado, en el laboratorio, se están recogiendo las órdenes del usuario, y una cámara está captando los movimientos del microbot que éstas provocan, para enviarlos de vuelta al usuario y que se muestren en pantalla.

Los laboratorios remotos se han ido consolidando poco a poco como un recurso educativo más, propiciado por los numerosos proyectos de investigación en este ámbito, y en Europa gracias a la ayuda de la Unión Europea, que ha dado lugar a propuestas como DYNACORE [RGR+99], MARVEL [MF03], PEARL [SCC+04], CYBERLAB [ZE08], PEMCWebLab [BFR08], UniShooLabs [CCT12] o GO-LAB [Jon13]. El interés despertado por

estas tecnologías ha llevado además a la creación de redes y consorcios educativos, como la red de excelencia PROLEARN (www.prolearn-online.com), la red australiana de laboratorios remotos Labshare (www.labshare.edu.au), el consorcio de universidades unidas en torno al proyecto VISIR [GZH+07], el Global Online Laboratory Consortium (GOLC, online-lab.org), la Red de Laboratorios Remotos RexNet (www.rexlab.net), o la plataforma iLab (ilab.mit.edu) desarrollada por el MIT. Y lo mismo que sucede con otros recursos educativos, también en el área de los laboratorios remotos se pueden encontrar repositorios web como el proporcionado por el proyecto LiLa (www.lila-project.org) o Lab2go (www.lab2go.net).



Figura 2.2 Interfaz de un laboratorio remoto de microbótica.

Para acabar de ver la importancia de los laboratorios remotos en los últimos años, sólo hay que fijarse en la creación de los numerosos congresos y publicaciones, algunas orientadas en exclusiva a la ingeniería y experimentación remota, como es el caso del REV (International Conference of Remote Engineering & Virtual Instrumentation, www.rev-conference.org), patrocinado por la IAOE (International Association of Online Engineering), y su publicación periódica iJOE (International Journal of Online Engineering). Dentro de la asociación internacional de referencia IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), también son varias las publicaciones dedicadas y los *special issues* sobre artículos relacionados con la

experimentación remota, como los *Transactions on Learning Technologies*, *Transactions on Industrial Electronics*, *Transactions on Industrial Informatics* o el *Transactions on Education*.

2.2.1 ¿Qué es un laboratorio remoto?

Por lo visto hasta aquí y los objetivos y problemas presentados al principio de este capítulo, se puede empezar a situar un laboratorio remoto como un recurso educativo utilizado para realizar prácticas (de ahí lo de laboratorio), a distancia (y por eso lo de remoto). No obstante, a esta descripción atenderían muchos recursos que no son laboratorios remotos, y que están englobados dentro de los laboratorios virtuales remotos (Tabla 2.3) [Dor02].

Tabla 2.3 Caracterización de laboratorios [Dor02].

	ACCESO	LOCAL	REMOTO
EQUIPO			
FÍSICO (REAL)		Laboratorio Manual	Laboratorio Remoto
VIRTUAL (SIMULADO)		Laboratorio Virtual	Laboratorio Virtual Remoto

Así, se explicita en primer lugar qué características tiene que tener un recurso para que pueda ser considerado de verdad un laboratorio remoto:

- Debe estar dedicado al aprendizaje de competencias prácticas, aunque pueda además contener información (manuales, documentación, etc.) relativa a la teoría, sobre todo si ésta facilita la realización de la práctica. Esta puntualización es importante ya que las necesidades y requisitos de la formación teórica frente a la práctica son muy diferentes [GS08].
- Se utiliza a distancia, a través de Internet, pero la experiencia de usuario debe ser tal que se puedan realizar similares acciones a las realizadas si el laboratorio estuviera en su mismo espacio (aula, casa, despacho...), aunque es al otro lado de la comunicación donde se encuentra la plataforma que “contiene” a ese laboratorio.
- El laboratorio que el usuario controla a través de su pantalla de ordenador, tablet, o cualquier otro dispositivo móvil, es real, no es una simulación, no es virtual. Así, el usuario desde su interfaz web realiza

una acción que es enviada al laboratorio a través de Internet, el laboratorio realiza lo apropiado dependiendo de su función, y devuelve una respuesta al usuario, que se refleja en su interfaz, también a través de Internet.

Juntando estas características se pueden citar muchas definiciones que ya hicieron diversos autores [DSM00] [CDF02] [Ala04] [CNE+04] [AGS+07] [GB09], aunque en algunas no queda claro si el laboratorio es real o virtual e incluso se tratan como sinónimos; no diferencian si se trata de experimentos ya fijos (visualización de datos) o donde el usuario puede también interactuar con el laboratorio; y hablan igual si es un experimento, un conjunto de experimentos, o un conjunto de laboratorios.

Así, más que dar una definición universalmente aceptada, se van a dar por válidas las características antes mencionadas para el concepto que en esta tesis se considera laboratorio remoto, y se va a diferenciar desde lo general a lo específico, otras acepciones que ayudan a entender el modelo que se presenta más adelante. En la Fig.2.3 se pueden apreciar los tres escenarios entre los que se va a mover la tesis al hablar de laboratorios remotos. En el plano más general se encuentra el Sistema de Gestión de Laboratorios Remotos, más conocido por sus siglas en inglés RLMS (Remote Laboratory Management System), que es una plataforma a través de la cual se puede acceder a diferentes laboratorios remotos, y que proporciona para ello herramientas de autenticación, administración, diferenciación de perfiles, etc.

El RLMS que se utiliza en este trabajo es WebLab-Deusto, que proporciona además información sobre lo realizado por los usuarios, pieza fundamental en esta investigación y sin la cual no se podría realizar.

De entre los laboratorios a los que se llega a través de WebLab-Deusto, el que se utiliza es VISIR: laboratorio de electrónica incorporado en varias asignaturas de ingeniería de la Universidad de Deusto por las razones que se comentan en el apartado dedicado a este laboratorio.

Y dentro de todos los experimentos que se pueden realizar dentro de VISIR, la investigación se centra en aquellos que permiten practicar la Ley de Ohm con el montaje y medida de circuitos de corriente continua formados por resistencias. Los experimentos utilizados no son ex profeso para este estudio, sino que son los mismos que se utilizan en las prácticas, al igual que

los datos que de ellos se recogen, constituyéndose de este modo las pruebas en un entorno real.

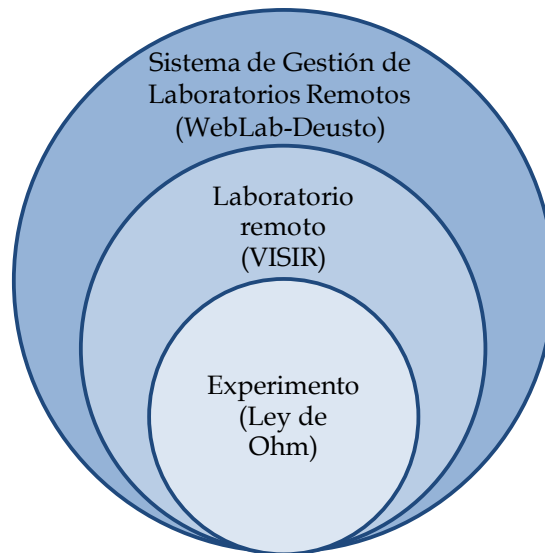


Figura 2.3 Conceptos relativos a los laboratorios remotos.

2.2.2 Arquitectura de un laboratorio remoto

Un laboratorio remoto está diseñado en base a una arquitectura cliente-servidor, tal y como muestra la Fig.2.4. En un extremo se encuentra el cliente, que es la aplicación a través de la cual el usuario (profesor o alumno) interactúa con el laboratorio. Y en el otro el servidor, aplicación que se encarga de gestionar el acceso de los usuarios y controlar los experimentos del laboratorio remoto. Cliente y servidor se comunican a través de Internet.

Dependiendo de la tarea a desarrollar en el laboratorio, el cliente debe facilitar al usuario los servicios necesarios para por ejemplo enviar un fichero de código a ejecutar, cambiar el valor de un equipo o visualizar los resultados de un experimento [GOL+07]. En definitiva, idealmente, debe proporcionar todos aquellos recursos que hagan que el usuario pueda realizar las mismas acciones que llevaría a cabo en un laboratorio real, pero a través de un navegador web, lo que hará que su experiencia de aprendizaje sea óptima. La interfaz juega aquí por tanto un papel fundamental. En los trabajos realizados por Garcia-Zubia et al., en [GLO+06a] y [GLH+07], y especialmente en [GOL+09], pueden consultarse ampliamente los requisitos que deben cumplir los laboratorios remotos para cubrir estas necesidades.

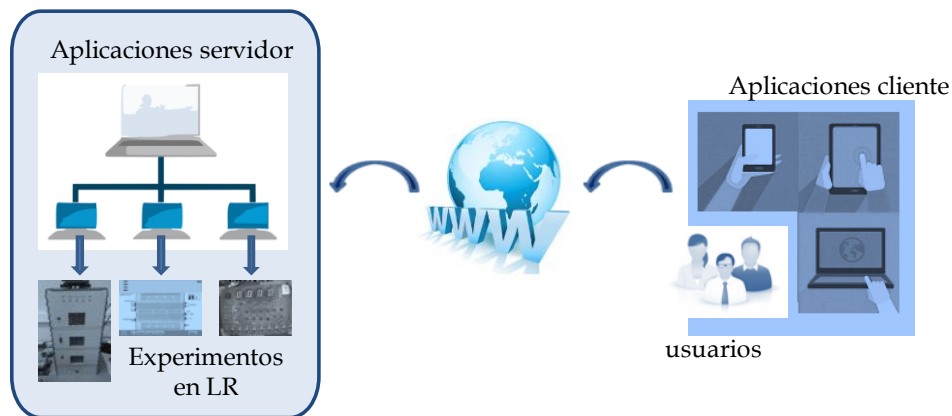


Figura 2.4 Arquitectura básica cliente-servidor de un laboratorio remoto.

La aplicación cliente de algunos laboratorios remotos puede además ser integrada dentro de los denominados LMS (Learning Management Systems) [San10], o incluso en los cada vez más utilizados PLE (Personal Learning Enviroments) [ED11], de modo que pueda aprovecharse el resto de recursos del entorno en el proceso de enseñanza-aprendizaje [GNR05].

Por otra parte, al otro extremo de la comunicación, en el servidor, se debe proveer de una serie de aplicaciones para que todo funcione correctamente, como son: la gestión de permisos de acceso y uso, la asignación de tiempos de acceso, la integridad y seguridad de las comunicaciones, y la comunicación para el control y gestión de experimentos disponibles en el laboratorio.

Puede suceder que el laboratorio forme parte de un conjunto de laboratorios, o lo que se denominaba RLMS en el apartado anterior, con lo que existe además una aplicación intermedia que da acceso a los diferentes laboratorios.

Por último, entre cliente y servidor se encuentra la plataforma Internet, con una comunicación basada en el protocolo HTTP, y utilizando una de las muchas tecnologías para implementar dicha comunicación.

2.2.3 Laboratorios remotos de electrónica

De entre todos los laboratorios remotos existentes, este trabajo de investigación se centra en aquellos que se dedican al ámbito de la

electrónica. La elección es eminentemente práctica, por una parte porque es una de las áreas de dominio de la doctoranda dentro de la universidad, y por otra porque según la literatura consultada, como se muestra en el siguiente capítulo, hay un hueco importante aún por cubrir y en el que esta tesis puede aportar un primer avance.

Consultada bibliografía especializada en el área, se realiza primero una clasificación de los laboratorios de electrónica existentes, para ver dónde encaja la solución propuesta.

Los criterios para catalogar los diversos laboratorios son muy dispares:

- Por el tipo de prácticas a realizar, y de las tecnologías utilizadas para el desarrollo del laboratorio remoto, las acciones que el alumno puede realizar varían [GOL+06]: así, se pueden encontrar laboratorios de química [KBC04] [CSS+06], física [CPA+00], o incluso de astronomía [LCS+06], aunque es en automática [LGK03], electrónica y robótica [MGR+10] donde se hace un uso más intensivo de los laboratorios remotos según la literatura especializada [CJB+06] [GFB+08] [GB09] [REV09] [GRB10] [REV10]. Esto puede ser debido a que es en estas áreas donde más destacan las ventajas que los laboratorios remotos pueden aportar en cuanto a seguridad y disponibilidad de recursos más difícilmente accesibles.
- Por el tipo de experimentación [MN06] [GB09]: virtuales [UJK+07] [Tza09], remotos [GZH+07], o híbridos [CAP05]. Todos ellos, por el hecho de ser remotos, presentan ventajas en cuanto a la flexibilidad de espacio y tiempo, y de seguridad. No obstante, aunque los laboratorios virtuales superan a los otros dos en cuanto a coste de implementación, y que los híbridos son defendidos por algunos autores en cuanto que los consideran más eficientes [GB09], ya adelantamos en un apartado previo que sólo los puramente remotos van a considerarse en este estudio.
- Por el tipo de actividades posibles desde el punto de vista del usuario, siguiendo la clasificación de [ME07] y la adaptada a laboratorios de electrónica de [GLH+07]: lectura de información, escritura de datos, y lectura-escritura de datos. Los laboratorios que permiten sólo la lectura son los llamados de instrumentación, donde el usuario observa

un experimento concreto [BCS05a] [BM06] [BPP+07]. En los segundos, el usuario puede modificar algún parámetro del experimento y observar los cambios que éste produce [CPV03] [AA09]. Los últimos son los más parecidos a los laboratorios reales, ya que proporcionan un control total del experimento, desde la lógica del propio experimento hasta los parámetros de la instrumentación. Éste es el caso del laboratorio que se utiliza en este trabajo de investigación, VISIR, que permite a los usuarios realizar todos los pasos al construir un circuito, tal y como lo harían en un laboratorio convencional, desde montar físicamente el circuito electrónico eligiendo los componentes, hasta conectarlos y analizarlos con la instrumentación proporcionada [GZH+07] [GAH08] [GAO+10].

- Por el tipo de experimentos [HAL+08]: por lotes, interactivos y basados en sensores. En los primeros los usuarios mandan los datos a ejecutar todos de una vez y reciben los resultados, con lo que el laboratorio está dedicado durante un tiempo a un solo usuario y los demás se mantienen en cola [ABM+02]. En los interactivos el usuario controla el experimento en tiempo real y va realizando modificaciones y observando resultados [ACH+03]. Por último, en los basados en sensores, el usuario monitoriza el estado del sistema en tiempo real pero no puede interferir en los valores de éste [AS02]. El laboratorio VISIR es interactivo, los usuarios realizan modificaciones y, aunque el tiempo es repartido entre los usuarios, para éstos la sensación es de que son servidos en exclusiva.

Cualquiera de las plataformas presentadas en la bibliografía (NetLab [MN02], RemotElectLab [SAG10], ISILab [BCP+00], VISIR [Gus03] y LEDFE [LMP+08]), así como los laboratorios pertenecientes al iLab, Microelectronics WebLab y ELVIS iLab están siendo utilizados actualmente por estudiantes no solo en las universidades donde han sido desarrollados, sino en otras a lo largo de todo el mundo. Es el caso de VISIR, que naciendo en el Blekinge Institute of Technology, está desplegado también en la Universidad de Deusto y en la UNED (Universidad de Educación a Distancia), ambas en España, así como en países como Portugal, India, Austria y Georgia, y se utiliza satisfactoriamente en multitud de centros gracias a proyectos como GO-LAB [Jon13].

Todas y cada una de estas plataformas y laboratorios se crearon en su día con el objetivo de ayudar a los alumnos en el desarrollo de las prácticas de electrónica, aportando las ventajas inherentes a los laboratorios remotos. Dado que en la Universidad de Deusto la plataforma desarrollada es WebLab-Deusto, y dentro de ésta, para las prácticas de electrónica, el laboratorio remoto es VISIR, va a ser dicho laboratorio en el que esta tesis se va a centrar, por el hecho de que es un entorno conocido y controlable, y se dispone del acceso a todos los recursos y datos para poder llevar a cabo un estudio y experimentación en condiciones óptimas. Además, tal y como puede constatarse por la bibliografía aportada, el laboratorio remoto VISIR cuenta con la suficiente visibilidad y aceptación a nivel mundial dentro del campo de los laboratorios remotos de electrónica, como para que una aportación pueda ser interesante. No obstante, las bases del modelo presentado objeto de esta tesis, podrían ser utilizadas para cualquier laboratorio de electrónica de similares características, con la adaptación propia a cada laboratorio particular.

2.2.4 Laboratorio remoto VISIR

El Blekinge Institute of Technology en colaboración con National Instruments-USA y la empresa Axiom EduTech de Suecia ha desarrollado diversos laboratorios remotos orientados a diferentes temáticas, bajo el nombre OpenLabs, y a los que se puede acceder a través de la página web openlabs.bth.se, mostrada en la Fig.2.5 [Gus06]. Entre ellos se encuentra un laboratorio para el trabajo con antenas [NZP08], uno de seguridad de la información [ZS08], uno de procesamiento de señal [AHG+06], y uno de electrónica. Es este último laboratorio, llamado VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality) [Gus03], sobre el que se va a centrar el estudio.

VISIR surgió como un proyecto en 1999 con objeto de crear una red de laboratorios remotos que se pudiera utilizar en diferentes centros [GZH+07]. El proyecto permite ser miembro con un laboratorio en marcha en la propia institución [ZGH07] [ZS08], o bien hacer uso de los laboratorios alojados en los centros colaboradores, de modo que la comunidad en torno a VISIR sea cada vez mayor, y se aprovechen por compartición los recursos y experiencias de los centros participantes.

Dentro de la Universidad de Deusto, el grupo de investigación WebLab-Deusto (www.weblab.deusto.es) [Ord13], lleva desde el año 2007 participando en el desarrollo y difusión del proyecto VISIR (weblab-visir.deusto.es/electronics) [GNZ+09] [GGH+10].

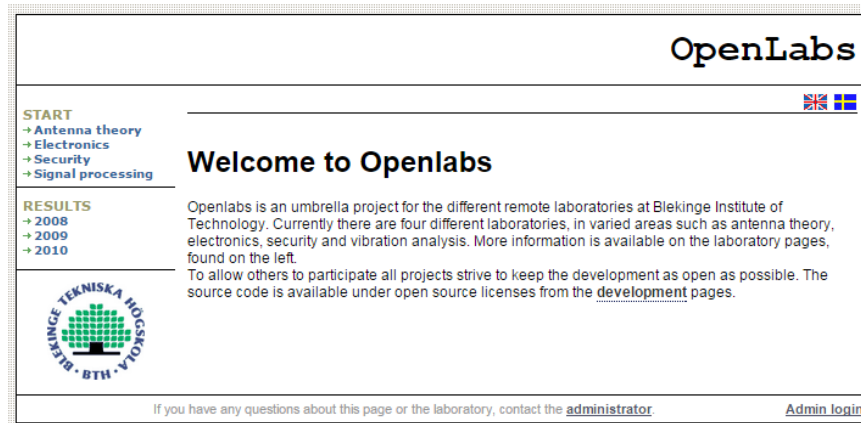


Figura 2.5 Página principal de acceso al OpenLabs.

Una de las razones de la amplia aceptación y reconocimiento de VISIR dentro del ámbito educativo es que cumple con los criterios marcados por ABET en cuanto a las características necesarias en un laboratorio de ingeniería. De los trece objetivos planteados por ABET los seis primeros hacen referencia a competencias prácticas de laboratorio, y el resto a competencias genéricas o transversales. Por su parte, [Soy00] presenta una tabla donde recoge dichos aspectos prácticos y los organiza en torno a once características, y establece una puntuación para diferentes recursos, obteniendo una clasificación en cuanto a objetivos conseguidos. A partir de esa tabla, [GHG+11] añade VISIR como recurso para constatar que no solo cumple dichas características sino que obtiene la valoración más alta en la mayoría de ellas.

En la Fig.2.6 se puede observar una fotografía de la infraestructura alojada en la Universidad de Deusto relativa a VISIR [Jay12]. El uso de este laboratorio en varias asignaturas de ingeniería es una de las motivaciones para proponer el modelo que se presenta en esta tesis, con el objetivo de complementar el trabajo que con él se realiza.

2.2.5 Entorno y acciones posibles en el laboratorio VISIR

El laboratorio VISIR sigue la arquitectura cliente-servidor explicada en la Fig.2.4, por lo que en el cliente se encuentra la interfaz desde la que actúa el usuario, hay un servidor que controla el hardware necesario para que pueda realizar las operaciones requeridas, y entre medio están los protocolos de comunicación que todo ello implica.

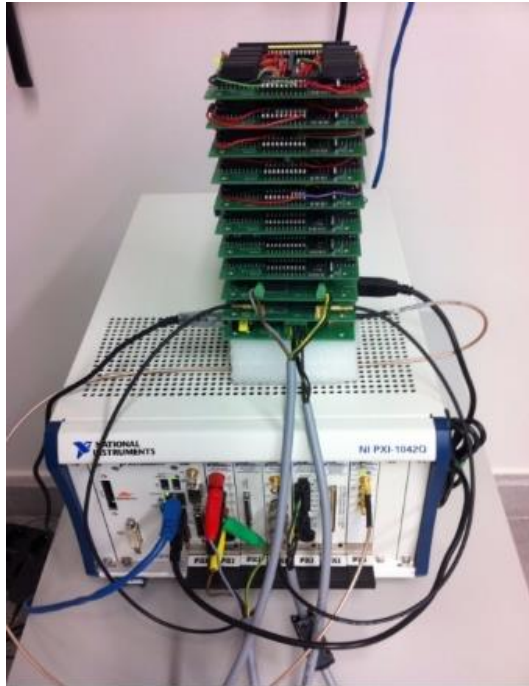


Figura 2.6 Fotografía del laboratorio VISIR alojado en la Universidad de Deusto [GHG+11].

Como ya se ha explicado al hablar de los diferentes tipos de laboratorios de electrónica, VISIR permite reproducir de manera remota las mismas operaciones y experimentos que un usuario realizaría en un laboratorio tradicional, esto es: montar el circuito seleccionando de entre los componentes disponibles y conectarlos entre sí, configurar los diferentes instrumentos, y observar los valores obtenidos para analizar su funcionamiento. Para poder ejecutar esta acción de manera remota, la plataforma VISIR utiliza una matriz de conmutación equipada con relés electromecánicos [GZO04].

Los usuarios, como en cualquier laboratorio real, pueden cometer errores, con la ventaja de que el laboratorio tiene mecanismos para controlar

aquellos que pueden resultar peligrosos, como un cortocircuito, y no dejar que ocurran.

Lo que se describe en este apartado es la interfaz desde la que puede interactuar el usuario a través de un navegador Web.

En la Universidad de Deusto, cuando un alumno quiere entrar en el laboratorio VISIR, lo hace a través de la plataforma WebLab-Deusto y no directamente, tal y como se expuso en el apartado 2.2.1. Se encuentra así con una pantalla como la de la Fig.2.7, donde tiene que introducir sus datos de usuario y contraseña, que le permiten acceder a los diferentes experimentos de los que puede ser usuario según su perfil (Fig.2.8).

Así, al seleccionar los experimentos relacionados con electrónica es cuando accede al laboratorio remoto VISIR. Y se encuentra con una pantalla de trabajo como la de la Fig.2.9, donde los componentes y los circuitos que con ellos se pueden formar han tenido que ser configurados por el profesor, de la misma forma que en el laboratorio físico deben ser elegidos por éste según la práctica a realizar. Los experimentos que se han seleccionado para el trabajo en esta tesis son los referentes a aquellos de electrónica que permiten practicar la Ley de Ohm, y de ahí que los componentes sean todos resistencias. No obstante, los resultados y conclusiones obtenidos pueden extrapolarse de forma sencilla al resto de experimentos de electrónica, como se expone en dicho capítulo.



Figura 2.7 Pantalla de entrada a WebLab-Deusto.

Mis Experimentos

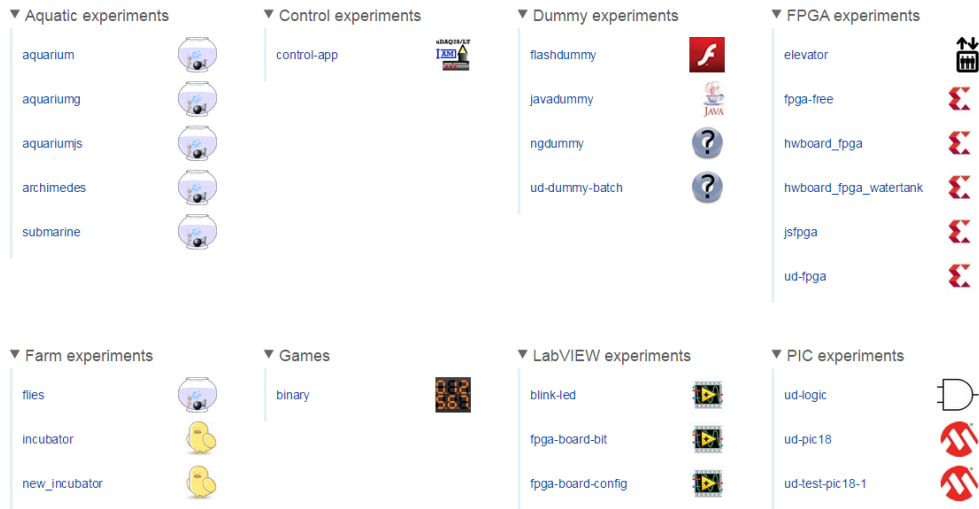


Figura 2.8 Posibles experimentos dentro de WebLab-Deusto.

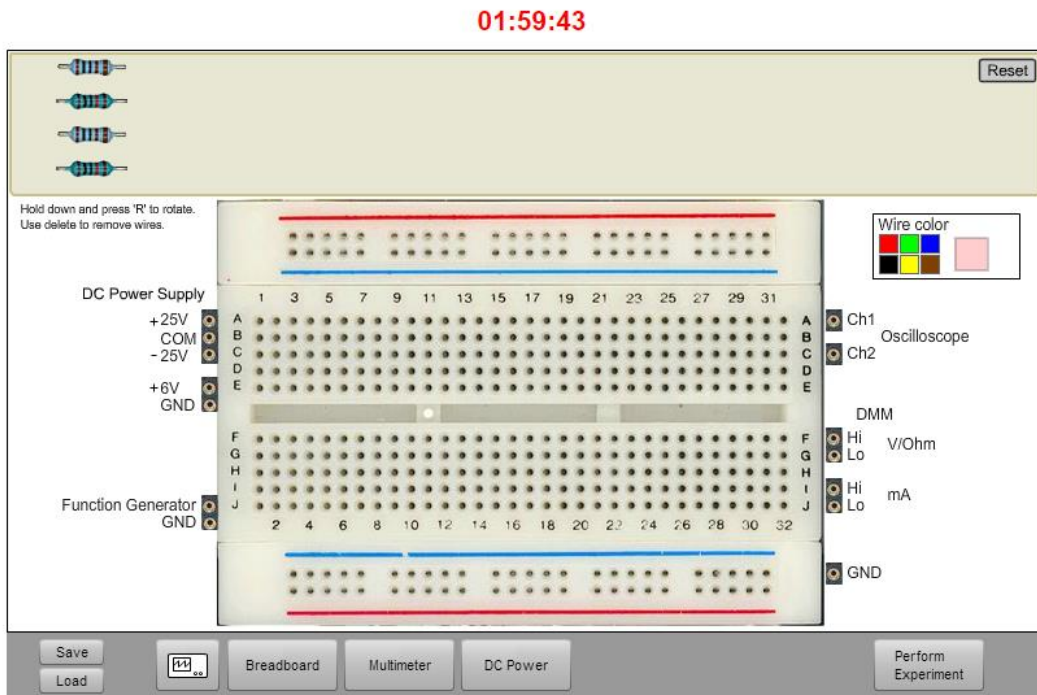



Figura 2.9 Pantalla de trabajo de un experimento en VISIR.

En la parte superior de la pantalla aparece el tiempo disponible para esa sesión, que el profesor-administrador habrá configurado previamente con un valor máximo.

En la parte inferior se encuentran los botones que hay disponibles para los ejercicios preparados como parte del experimento. Los botones *Save* y *Load* son los típicos de las aplicaciones para Windows, y permiten salvar y cargar circuitos respectivamente.

El botón  (Instrumentos) permite agregar instrumentos adicionales a los que se proporcionan de partida. En la parte superior de la pantalla resultante (Fig.2.10) aparecen todos los posibles, y en la inferior los que ya están disponibles y los que se van eligiendo. Dentro de esta pantalla, el botón *Clear* borra todos los instrumentos elegidos y el botón *Done* carga los instrumentos elegidos en la pantalla principal y vuelve a ésta.

El botón *Breadboard* permite volver a la pantalla de inicio que se está explicando.

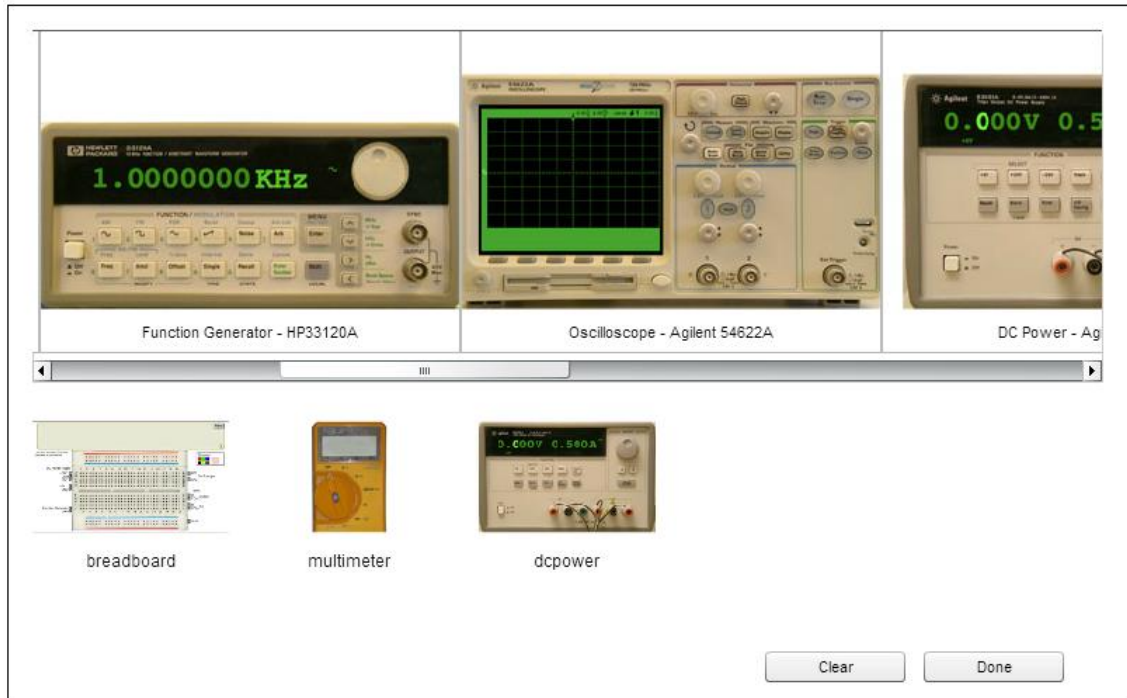


Figura 2.10 Pantalla desde la que seleccionar nuevos instrumentos.

El botón *Multimeter* muestra una imagen del multímetro con el último dato obtenido. Como puede observarse a la izquierda de la Fig.2.11, al comienzo del experimento, el multímetro está en la posición de apagado (OFF) y no se muestra ningún dato en su pantalla LCD.

El botón *DC Power* representa la fuente de alimentación que debe conectarse a los circuitos que así lo requieran (parte derecha de la Fig.2.11). Se puede elegir entre tres tipos de fuente, +6V, +25V y -25V, y dentro de cada una de ellas el valor de voltaje concreto. El amperaje es un valor ya fijado de 0,5 Amperios.



Figura 2.11 Pantallas resultantes al pulsar el botón de instrumento correspondiente.

Por último, el botón *Perform Experiment* no lleva a ninguna pantalla adicional, sino que se utiliza cuando el circuito ya está montado, la fuente de alimentación y el multímetro están configurados, y se quieren obtener los resultados correspondientes a dicho ejercicio. Se puede pulsar desde cualquier pantalla, ya que siempre está accesible, pero lo lógico es que sea desde la pantalla del instrumento de medida, ya que desde las demás no se aprecian cambios.

2.2.6 Proceso de realización de un ejercicio

Para la realización de un ejercicio, se siguen los mismos pasos que en un laboratorio tradicional: lo primero es colocar y conectar entre sí los componentes en la *Breadboard* formando un circuito, junto con la fuente de alimentación y los instrumentos de medida a utilizar, tal y como se muestra en el ejemplo de la Fig.2.12.

A continuación se configuran los valores de la fuente de alimentación y de los instrumentos de medida, de forma similar a lo mostrado en la Fig.2.13.

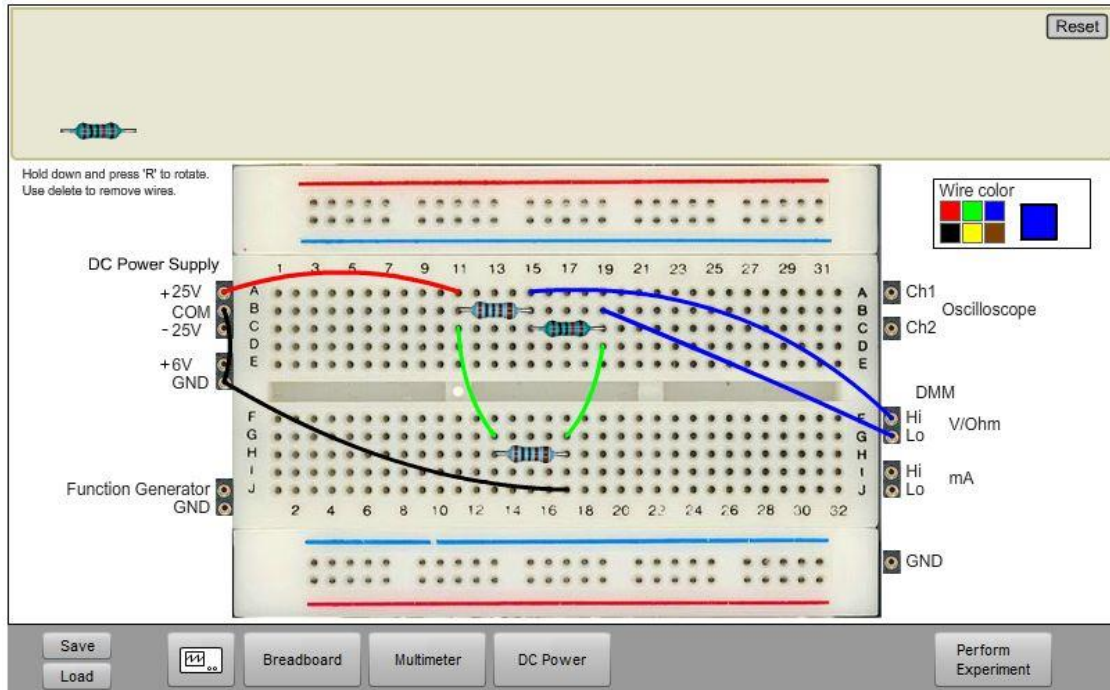


Figura 2.12 Ejemplo de montaje de un circuito.



Figura 2.13 Configuración de los instrumentos.

Por último, se pulsa el botón *Perform Experiment*, momento en el cual se recogen los datos del circuito tal y como se encuentra en ese instante. Mientras el laboratorio está ejecutando la petición, aparece el icono de un rayo junto al botón *Perform Experiment*. Cuando finaliza, los datos de los instrumentos de medida se actualizan en la pantalla.

2.2.7 Corrección manual de un ejercicio

Cuando un profesor corrige manualmente un ejercicio sobre la Ley de Ohm realizado con VISIR, debe fijarse en tres cosas: el montaje, la configuración de la fuente de alimentación y la configuración del multímetro, tal y como se muestra en la Fig.2.14.

Una tarea que en principio puede parecer trivial, en realidad no lo es. Mientras que la configuración del multímetro y de la fuente de alimentación no entraña inconvenientes, la realización del circuito sí, ya que el profesor puede encontrarse tantos montajes válidos para un mismo circuito como alumnos en el aula. En la Fig.2.15 se muestra un ejemplo de dos ejercicios análogos.

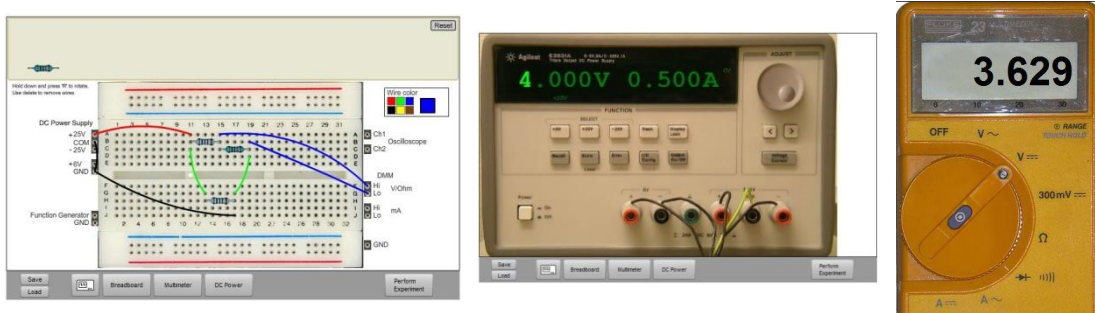


Figura 2.14 Elementos en los que fijarse en una evaluación manual.

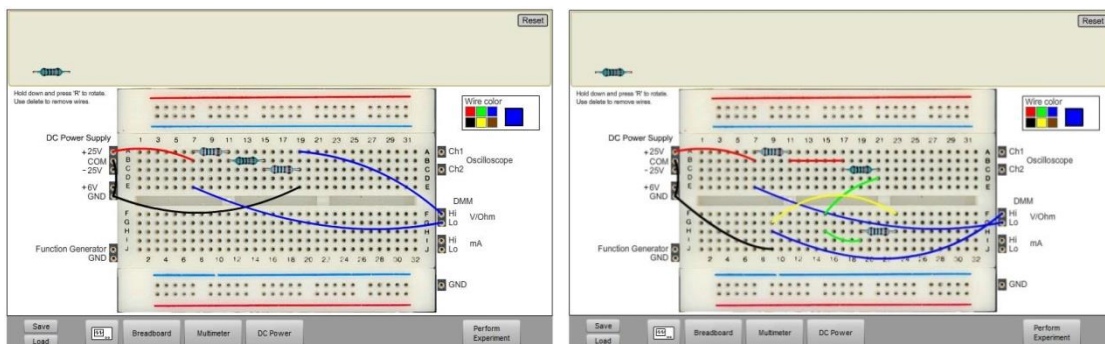
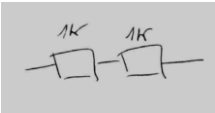
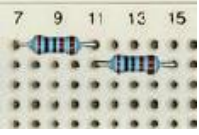

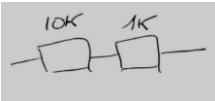
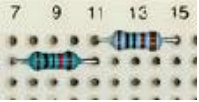


Figura 2.15 Dos circuitos análogos pueden parecer diferentes.

Según se incrementa la dificultad de los ejercicios, se incrementa en mayor medida la dificultad en las correcciones. La petición de resultados de medición y cálculo finales, a modo de informe escrito, tal y como se muestra en la Tabla 2.4, suele ser la opción utilizada para comprobar el aprendizaje de

los estudiantes, ya que la corrección visual manual de cada ejercicio de cada alumno lleva demasiado tiempo.

Tabla 2.4 Ejemplo de petición de resultados para ver si los alumnos realizan bien un ejercicio.

Circuito	Cálculo, RT calculada	Experimento	Medida, RT medida	Comparativa
Circuito 1 	$RT = 1K + 1K = 2 K\Omega$			error = 0,019 K Ω error % = 0,95%
Circuito 4 	$RT = 10K + 1K = 11K\Omega$			

Esto, como se ha visto al hablar de la evaluación eficaz, conlleva una serie de inconvenientes, pero el peor es que no se puede llevar a cabo una evaluación formativa: cuando el resultado no es el adecuado no se conoce la causa y, por tanto, no se puede corregir. Por otra parte, pudiera ocurrir que los datos coincidieran con los correctos pero el proceso fuera erróneo, con lo cual no solo no se corregiría sino que se estarían sentando mal las bases para ejercicios y conceptos futuros.

Queda con esto claro que, aunque los laboratorios remotos en general, y VISIR en particular, pueden ser buenas herramientas para trabajar las competencias prácticas relacionadas con la electrónica, se necesita algo más para poderlas utilizar también en la evaluación, ya que la corrección manual de los ejercicios desde un punto de vista eficaz, para una evaluación no sólo sumativa sino formativa, resulta inviable.

2.3 Analíticas de aprendizaje

Elaborado por NMC (New Media Consortium) (www.nmc.org) en colaboración con ELI (EDUCAUSE Learning Initiative) (www.educause.edu/eli), el informe de periodicidad anual Horizon describe las nuevas tecnologías que van a tener un gran impacto en las áreas del

aprendizaje, la enseñanza y la expresión creativa en la educación superior, en los próximos años.

Según el Informe Horizon 2013 [NE13], *Learning Analytics* (LA) o, en español, analíticas de aprendizaje, se refiere a *“la interpretación de una amplia variedad de datos producidos por el desempeño normal de la actividad de los estudiantes, en base a determinar su progreso académico, predecir su desempeño futuro, y potenciar sus puntos fuertes”*. Es decir, una de las funciones de las analíticas de aprendizaje es la evaluación de competencias, que es la otra fase que debe cumplirse de forma óptima según el Modelo de Formación Universidad de Deusto, además del de experimentación.

Dicho informe establecía un periodo de entre dos y tres años para su implantación en educación. Pero aunque las investigaciones con LA van a empezar a dar sus frutos y a ser utilizadas de una forma normalizada en pocos años, todavía queda mucho por hacer. Según [Gro12] *“se precisa de importantes aportaciones de las comunidades educativas y de las políticas sociales para poder adaptar las técnicas digitales para resolver preguntas sustanciales del campo educativo. Esto implica que la investigación educativa debe desplazarse de la investigación basada en hipótesis, teóricamente fundamentada, hacia modelos de exploración más abiertos, y de la tradición de publicación científica a un modelo de difusión y co-construcción del conocimiento”*.

De hecho, el informe Horizon 2015 [NE15] vuelve a hacer hincapié en dicha área, especificando además que es fundamental para proporcionar al alumno una evaluación formativa, a través del análisis de detalles individuales en actividades online. Los años de implantación suben de nuevo a un periodo de entre tres y cinco años, lo cual confirma que es un tema relevante en educación superior pero en el que aún hay una gran tarea por delante.

Así, la recogida de datos se realiza de forma transparente para el usuario desde aquellas herramientas TIC que permiten trazabilidad (plataforma LMS [RVG08], Blog o Site, herramientas Google Apps, RLMS como WebLab-Deusto, etc.). Con estas herramientas se dispone de un registro más o menos preciso (según la herramienta) de la actividad que el alumno ha realizado, como la asistencia a clase, el día, hora y duración de la conexión, recursos visualizados o tareas realizadas.

Tras la recogida de los datos viene el preprocesamiento, para adaptar los datos al tratamiento que se les va a realizar (se filtran para obtener los significativos), y por último el análisis y la muestra de resultados a los interesados. Éstas son las fases mínimas de que consta todo proceso de *Learning Analytics*, y las que se han seguido en el diseño e implementación del modelo propuesto en esta tesis, como se expone en el capítulo cuarto.

No obstante, dependiendo del origen de los datos y de lo que se realiza dentro de cada fase, alguna de ellas puede unirse o desplegarse en varias, como la de análisis y resultados, que a veces se considera una sola y otras se divide en dos. En la Fig.2.16 puede observarse por ejemplo el modelo que [RVG08] utiliza para tratar los datos que recoge del LMS Moodle. Otros autores reconocidos en el área como [Eli11] hacen una comparación entre las fases de diferentes modelos (Tabla 2.5), aunque finalizan presentando un modelo similar.

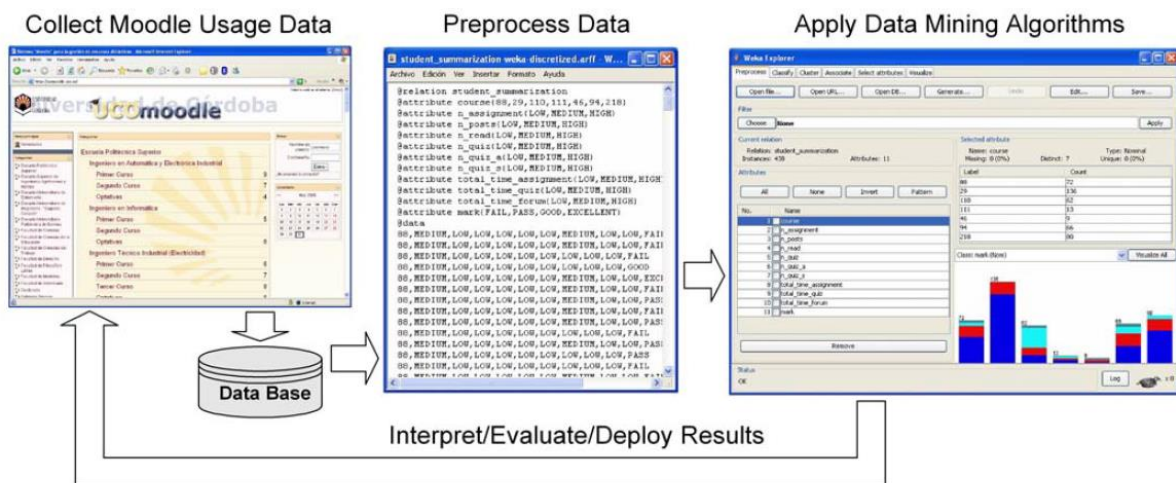


Figura 2.16 Modelo de *Learning Analytics* propuesto por [RVG08].

LA pertenece a un área de investigación mucho más extensa, la de la analítica de datos o minería de datos (Data Mining en inglés), es posterior a ésta, y cada día es más utilizada, no sólo en investigación sino en casos prácticos. En [CVN+07] [RV07] [RV10] se puede encontrar una completa revisión de muchas aplicaciones de *Learning Analytics* desde 1995 hasta 2010. Siguiendo los mismos conceptos que en la analítica de datos, aquí los datos se consiguen de los entornos de aprendizaje informatizados, donde cada interacción va dejando un “rastro” que puede emplearse como indicadores para la evaluación de competencias, constituyendo de este modo una

herramienta fundamental a utilizar en el proceso de enseñanza-aprendizaje [Sie11].

Tabla 2.5 Comparación de fases de diferentes modelos presentados por [Eli11].

Knowledge Continuum	Five Steps of Analytics	Web Analytics Objectives	Collective Applications Model	Processes of Learning Analytics
Data	Capture	Define goals	Select	Select
Information	Report	Measure	Capture	Capture
Knowledge	Predict		Aggregate	Aggregate & Report
Wisdom	Act	Use	Process	Predict
	Refine		Display	Use
		Share		Refine
				Share

2.3.1 Diferencia entre analíticas de aprendizaje y otros tipos de análisis de datos

Como se ha expuesto en el apartado anterior, las analíticas de aprendizaje son un subcampo del análisis de datos y comparte métodos con éste [Han04] [CVN+07]. No obstante, y aunque no es hasta 2005 cuando se empieza a realizar alguna investigación en esta área, sus contribuciones han llegado a tener repercusión en otras áreas como el comercio o la biología [SCD+00] [SST+01] [HPT+02] [Lew04].

Así, una de las áreas más interesantes dentro de LA es la de reunir información para la toma de decisiones. Aunque el área de LA es relativamente nueva [Sie13], ya antes se había demostrado la eficacia de la analítica de datos en otros campos, como por ejemplo en las empresas, para aumentar la productividad [BL97]. Esto llevado a la enseñanza consiste en aplicar la analítica de datos para tomar decisiones en cuanto al aprendizaje, ya que permite analizar los datos de los alumnos dentro de su entorno, con el objetivo de comprender cómo aprenden y tener posibilidad de intervención [MBF+12].

Sin embargo, aunque el análisis de datos y las analíticas de aprendizaje puedan compartir métodos, son varias las características que los diferencian:

- Los datos: en el caso de LA los datos provienen de las actividades realizadas por los alumnos en el entorno de aprendizaje.
- El objetivo: en LA se trata de obtener una mejora a través del seguimiento del proceso. Entra dentro de este objetivo, por ejemplo, observar cómo se usa un determinado sistema para evaluar el propio sistema [Spi00] [ZL01] [AWS06], o personalizar la aplicación a partir de lo realizado [MAB00] [LK07], siempre teniendo en mente que se hace como forma de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Las técnicas: la mayoría de los campos de análisis de datos se basan en técnicas de análisis como la clasificación, agrupación y asociación de datos. En LA, como los datos son obtenidos de diferentes fuentes (entornos de aprendizaje, foros, chat, aprendizaje presencial, simulaciones, etc.), y el objetivo buscado no es el mismo, estos análisis son a veces adaptados e incluso se unen a técnicas específicas para tratarlos [LZ04] [AT05].

En lo que no se ponen de acuerdo los autores en cuanto a las analíticas utilizadas en educación es en la diferencia entre LA y EDM (Educational Data Mining). Todos coinciden en que los procesos y objetivos son los mismos, pero difieren en cuanto a los datos y a las técnicas a utilizar. Mientras EDM se centra en la aplicación de técnicas de minería de datos (agrupación, clasificación, y reglas de asociación), LA incluye además otros métodos, tales como técnicas estadísticas y de visualización, o de análisis de redes sociales, con objeto de ponerlas en práctica en la mejora del proceso. Esto es debido sobre todo a la cantidad de información que maneja cada grupo, que en el caso de EDM es masiva y en el de LA son conjuntos de datos “manejables”. [Fer12] lo resume con dos preguntas: con respecto a EDM dice que se centra en aspectos técnicos, con lo que “¿Cómo se puede extraer información de esos grandes conjuntos de datos educativos?”, mientras que el objetivo de LA es el cambio educativo, por lo que “¿Cómo se puede optimizar el aprendizaje en red?”. Según [Fer12], aunque anteriormente puede encontrarse alguna publicación al respecto, no es hasta 2010 cuando se puede hablar de LA específicamente.

Las propias comunidades de EDM y LA también quieren diferenciarse aportando sus propias definiciones. Así, la *International Educational Data Mining Society* (IEDMS) (www.educationaldatamining.org) define el EDM como “una disciplina emergente que desarrolla métodos para analizar los datos

concretos que vienen del ámbito educativo, y usa dichos métodos para entender mejor a los estudiantes, y las formas en que éstos aprenden". Por su parte, la *Society for Learning Analytics Research (SoLAR)* (solaresearch.org) define LA como *"la medida, recogida, análisis y muestra de resultados sobre los datos de estudiantes y sus contextos, con el propósito de entender y optimizar el aprendizaje y los entornos en los cuales éste transcurre"*.

Según estas definiciones, el estudio descrito en esta memoria encaja mejor con la definición de LA en cuanto al tipo de datos y objetivos, y lleva de vuelta al comienzo de este capítulo, en el que se presenta la problemática existente cuando se pretende realizar una evaluación eficaz y en la que una de las herramientas para realizarla es relativa a las analíticas de aprendizaje.

No obstante, los estudios en esta área suelen ofrecer estadísticas básicas sobre las pruebas evaluativas, la distribución de las calificaciones con su nota media, desviación, nota máxima, nota mínima, etc., o información sobre el uso de la plataforma como número de mensajes o participación en foros, tiempos de conexión, archivos enlazados o consultados, etc., llegando con estos cálculos incluso a predecir el resultado final de un alumno con apenas error [VG10] [Vic14].

Para la evaluación por su parte se hace un uso extensivo de los test, por su facilidad de corrección, adaptación por aleatoriedad de preguntas e incluso de respuestas dentro de las preguntas, y la posibilidad de autoevaluación [GL07] [GL08] [GN14].

En ese sentido, el modelo que aquí se presenta pertenece más bien al campo de EDM según la propia definición de IEDMS, ya que se trata de un método nuevo desarrollado y utilizado para analizar unos datos concretos de un determinado ámbito educativo, y entender así la forma en que los estudiantes aprenden.

2.3.2 WebLab-Deusto

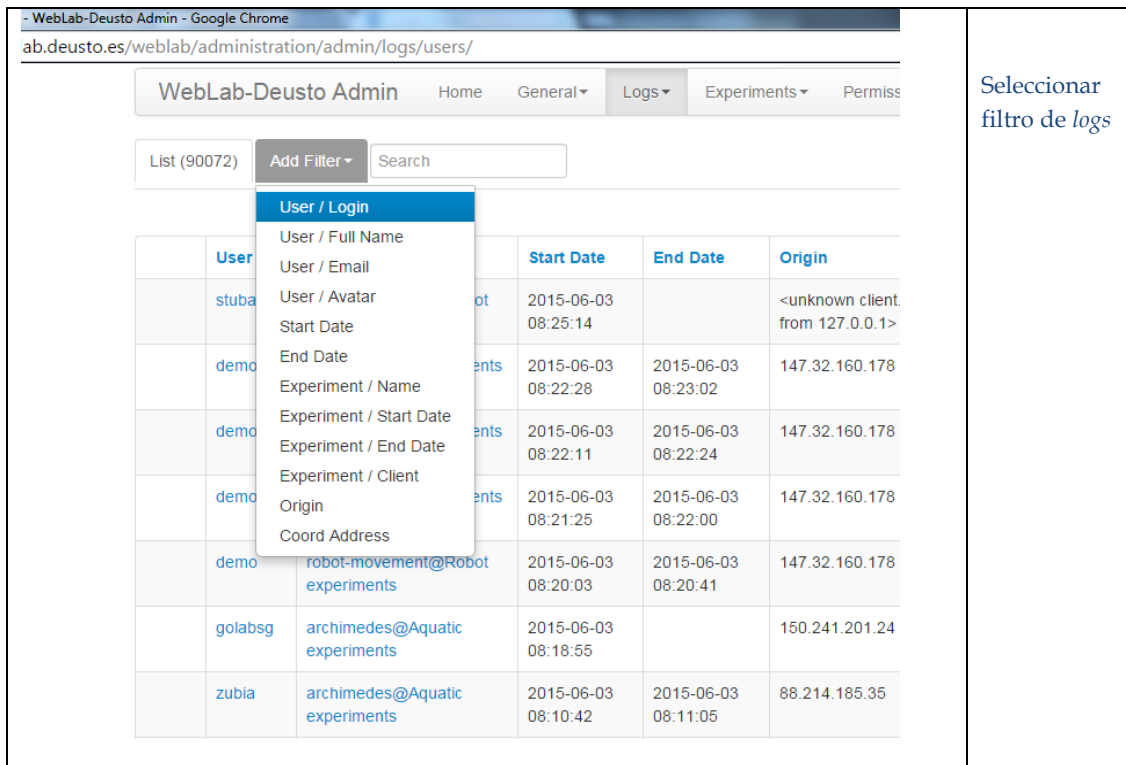
Ya en la justificación del trabajo de investigación se veía el porqué de la elección del RLMS WebLab-Deusto y del laboratorio remoto VISIR, desde un aspecto práctico en cuanto al uso posterior del resultado.

A esto se añade ahora la ventaja de disponer de WebLab-Deusto dentro de la propia universidad, con acceso directo tanto a los experimentos

como a los datos, gracias a los dos administradores de software y hardware [Ord13] [Jay12].

La misma investigación realizada sobre otro RLMS pudiera no haber sido posible, o en cualquier caso más costosa, por no disponer de las trazas que el sistema va almacenando cuando se usan sus laboratorios.

En WebLab-Deusto, con los permisos adecuados, se tiene acceso a las actividades que los alumnos realizan en cada uno de los laboratorios, y filtrando según lo que interese y seleccionando una sesión concreta, se pueden ver todos los detalles de interacción de dicha sesión (Fig.2.17 a-d).



The screenshot shows the 'WebLab-Deusto Admin' interface. At the top, there are navigation tabs: Home, General, Logs, Experiments, and Permiss. Below this, there is a search bar and a table of user sessions. A dropdown menu is open over the table, showing various filter options. The table has columns for User, Start Date, End Date, and Origin. The filter menu includes options like 'User / Login', 'User / Full Name', 'User / Email', 'User / Avatar', 'Start Date', 'End Date', 'Experiment / Name', 'Experiment / Start Date', 'Experiment / End Date', 'Experiment / Client', 'Origin', and 'Coord Address'.

User	Start Date	End Date	Origin
stuba	2015-06-03 08:25:14		<unknown client from 127.0.0.1>
demo	2015-06-03 08:22:28	2015-06-03 08:23:02	147.32.160.178
demo	2015-06-03 08:22:11	2015-06-03 08:22:24	147.32.160.178
demo	2015-06-03 08:21:25	2015-06-03 08:22:00	147.32.160.178
demo	2015-06-03 08:20:03	2015-06-03 08:20:41	147.32.160.178
golabsg	2015-06-03 08:18:55		150.241.201.24
zubia	2015-06-03 08:10:42	2015-06-03 08:11:05	88.214.185.35

Selecccionar filtro de logs

Figura 2.17 Pasos para visualizar los detalles de interacción de una sesión (a).

List (266) Add Filter ▾ Search				Seleccionar sesión
× User / Login equals sromero				
	User	Experiment	Start I	
	sromero	Fisica-2@Visir experiments	2015-06-03 07:40:43	
	sromero	Fisica-1@Visir experiments	2015-06-03 08:24:48	
	sromero	Fisica-3@Visir experiments	2015-06-03 08:24:48	
	sromero	Fisica-3@Visir experiments	2015-06-03 08:24:48	
	sromero	binary@Games	2015-06-03 08:24:48	
	sromero	new_incubator@Farm experiments	2015-06-03 08:24:48	
	sromero	Fisica-3@Visir experiments	2015-06-03 08:24:48	

Figura 2.17 Pasos para visualizar los detalles de interacción de una sesión (b).

<h2>Details</h2>		Detalles de sesión
Login	sromero	
Full name	Susana Romero Yesa	
Experiment	Fisica-2@Visir experiments	
Start date	2015-06-03 07:40:43	
End date	2015-06-03 08:24:48	
Origin	85.84.106.154	
Device	lxi_visir_fisica2:general_laboratory@plunder	
Web browser	Mozilla/5.0 (Windows NT 6.1; WOW64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/43.0.2357.81 Safari/537.36	
Mobile	False	
Facebook	False	
Language	es	
Referer	https://weblab.deusto.es/weblab/client/?locale=es	
Server	route1	
Reservation identifier	13f48f3b-0fa9-47d5-8112-c4099f6f74c9	

Figura 2.17 Pasos para visualizar los detalles de interacción de una sesión (c).

Interactions				Detalles de interacción
Timestamp before	Timestamp after	Request	Response	
2015-06-03 07:40:43.607128	2015-06-03 07:40:43.725975	@@@initial::request@@@	{}	
2015-06-03 07:40:43.607128	2015-06-03 07:40:43.725975	@@@initial::response@@@	{"url": ".../webI "%3Csave%3E' "teacher": false	
2015-06-03 07:45:57.194776	2015-06-03 07:45:57.432107	<protocol version="1.3"> <login keepalive="1"/> </protocol>	<protocol versio <dc_output_lim	
2015-06-03 07:45:57.484164	2015-06-03 07:45:57.709937	<protocol version="1.3"> <request sessionkey="5da9fa9b28544223fabab0eabd6f0886"> <circuit> <circuitlist>R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k</circuitlist> </circuit> <multimeter/> <dcpower> <dc_outputs> <dc_output channel="6V+> <dc_voltage value="0"/> <dc_current value="0.5"/> </dc_output> <dc_output channel="25V+>	<protocol versio <dc_output_lim	

Figura 2.17 Pasos para visualizar los detalles de interacción de una sesión (d).

Asimismo, dispone de una herramienta para descargarse dichos datos, seleccionando el experimento, las fechas y el grupo entre los cuales se encuentran (Fig.2.18). Con esta operación el profesor puede disponer de un fichero en formato *.csv* con todo lo realizado por sus alumnos en una sesión de laboratorio, en el día del examen o en aquel periodo que quiera evaluar. Como se presenta en el capítulo 4, éste es uno de los datos de entrada a AAAS (Activities Automatic Assessment System). También en dicho capítulo se expone en detalle la información que contiene, que entre otras cosas hace referencia a los circuitos realizados y a los componentes e instrumentos utilizados, lo que permite evaluar no sólo el resultado sino todo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

2.4 Corrección por rúbricas de evaluación

Se llega en este punto a la última herramienta de las propuestas al principio del capítulo, cuando se presentaban las características y problemas intrínsecos de la evaluación eficaz.

Es mucha la bibliografía que puede encontrarse sobre rúbricas [Mer01] [Mon02] [And05] [JS07] [SL11], pero una definición muy completa es descrita en [Bla08], según la cual las rúbricas de evaluación son *“guías de puntuación usadas en la evaluación del desempeño de los estudiantes, que describen las características específicas de un producto, proyecto o tarea en varios niveles de*

rendimiento, con el fin de clarificar lo que se espera del trabajo del alumno, de valorar su ejecución y de facilitar la proporción de feedback”.

Experiment: <input type="text" value="Fisica-2"/> Since: <input type="text" value="01-02-2012"/> To: <input type="text" value="30-03-2012"/> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> 1-Ing.Audiovisuales_2010-2011 <input type="radio"/> 1-Ing.Ind_2008-2009 <input type="radio"/> 1-Ing.Inf.ADE_2008-2009_SS <input type="radio"/> 1-Ing.Inf.ADE_2009-2010_SS <input type="radio"/> 1-Ing.Inf.Fisica11_2010-2011 <input type="radio"/> 1-Ing.Tec.Ind-y-Tel_2008-2009 <input type="radio"/> 1-Ing.Tec.Ind_2007-2008 <input type="radio"/> 1-Ing.Tec.Tel_2007-2008 <input type="radio"/> 1-Ing.Tec.Tel_2007-2008-GroupA <input type="radio"/> 1-Ing.Tec.Tel_2007-2008-GroupB <input type="radio"/> 1-Ing.Telematica_2010-2011 <input type="radio"/> 1-Ing.Tel_2008-2009 <input type="radio"/> 1.Grado.Automatica_2011-2012 <input checked="" type="radio"/> 1.Grado.Fisica_2012-2013_Bilbao <input type="radio"/> 1.Grado.Fisica_2012-2013_SS <input type="radio"/> 1.Grado.Informatica_2011-2012 	D		
	-07 17:10:37	@@@initial::request@@@	
	-07 17:10:37	@@@initial::response@@@	
	2/2012 17:21	<pre> <protocol version="1.3"> <login keepalive="1"/> </protocol> <protocol version="1.3"> <request sessionkey="a89aa9dafb0423e <circuit> <circuitlist>W_X A6 F6 W_X A10 F10 W_X A10 A14 R_X F6 F10 1k R_X A14 A18 10k R_X A6 A10 1k</circuitlist> </circuit> <multimeter/> <dcpower> <dc_outputs> </pre>	

Figura 2.18 Descarga de datos de lo realizado en WebLab-Deusto para un periodo, experimento y grupo.

[DM06] añade que “para responder eficazmente a los retos de la evaluación debe evaluar los productos/desempeños del estudiante con objetividad y consistencia, y proporcionar feedback significativo a los alumnos sin invertir cantidades ingentes de tiempo”.

Según esto, una rúbrica de evaluación es un conjunto de reglas y criterios para conseguir una evaluación lo más objetiva y homogénea posible, de modo que todos los ejercicios y estudiantes sean evaluados de la misma forma, lo que concuerda con los criterios de la evaluación eficaz. No obstante, un mismo ejercicio, depende de en qué asignatura se utilice, o en qué nivel, o incluso en qué tiempo, tendrá unos objetivos concretos, y que no siempre serán los mismos. Así, puede suceder que exista una misma rúbrica válida para más de un ejercicio y que un ejercicio pueda evaluarse con más de una rúbrica. Por tanto, la rúbrica que en esta tesis interesa debe poderse modificar, no debe ser fija.

Son muchas las experiencias de utilización de rúbricas en educación, e incluso existen herramientas que ya contienen rúbricas hechas, que permiten generar nuevas o que proporcionan recursos en este sentido, como MyTeacherTools (www.rubrics4teachers.com), Teach-nology (www.teach-nology.com/web_tools/rubrics), Rubrics (<http://fod.msu.edu/oir/rubrics>), Rubric Builder (www.landmark-project.com/classweb/tools) o My T4L (www.myt4l.com).

La mayoría de las rúbricas se presentan en forma de tabla bidimensional, con una fila por “objetivo” a evaluar, y varias columnas para definir los diferentes niveles de cumplimiento de dicho “objetivo”. Cuando se habla de competencias, en educación, los “objetivos” se denominan “indicadores”, y los diferentes ítems de cada indicador “descriptores”, que como su nombre indica “describen” diferentes situaciones de cada indicador. Si los descriptores e indicadores están bien elegidos es sencillo asignar una calificación a la competencia a la que se dedican. En la Tabla 2.6 se puede ver un ejemplo de rúbrica para el trabajo de la competencia “Comunicación Verbal” [VP07]. Como puede observarse, se han agrupado varios indicadores relacionados en un “Primer nivel de dominio” de la competencia.

El hecho es que si se utiliza una rúbrica para evaluación, tanto los indicadores como los descriptores tienen que estar muy bien elegidos, y ser objetivos y no ambiguos. Los indicadores tienen que ser representativos de aquello que se quiere evaluar y, al contrario, no debe existir ningún aspecto relevante no recogido en los indicadores [BBK+07] [PB11] [VBP12]. Recordemos que los alumnos únicamente trabajan y valoran aquello que saben que les va a repercutir de una forma explícita en su evaluación final [San14]. Así, como señala [MIT+13] *“el proceso de elaboración de la rúbrica obliga al profesorado a reflexionar profundamente sobre cómo quiere enseñar y cómo lo va a evaluar. Por eso, la rúbrica puede llegar a ser un potente motor de cambio metodológico”*.

Las rúbricas así definidas pueden utilizarse de dos formas [AM01] [Sti01]: como una herramienta de evaluación del estudiante [Mon00] y como una guía para conocer la evolución de un trabajo o, lo que es lo mismo, de una competencia [BKP+12] [MIT+13]. En realidad, son las formas que ya se definieron como evaluación sumativa y formativa respectivamente, y que no tienen por qué ser contrapuestas.

Tabla 2.6 Rúbrica para el trabajo de la competencia Comunicación Verbal [VP07].

NIVELES DE DOMINIO	INDICADORES	DESCRIPTORES				
		1	2	3	4	5
Primer nivel de dominio: Expresar las propias ideas de forma estructurada e inteligible, interviniendo con relevancia y oportunidad tanto en situaciones de intercambio, como en más formales y estructuradas	Interviene en las situaciones de intercambio verbal	No interviene incluso cuando es interpelado	Interviene escuetamente cuando es interpelado	Interviene con amplitud cuando es interpelado	Interviene por iniciativa propia	Destaca por sus aportaciones con iniciativa y bien ajustadas
	Transmite información relevante	Se expresa de manera pobre o confusa	Presenta algunas ideas	Expresa ideas fundamentadas	Comunica razonamientos y/o valores/actitudes	Destaca por la claridad en su comunicación de razonamientos y/o sentimientos
	Controla suficientemente sus nervios para expresarse en público	Los nervios le impiden expresarse, se bloquea	Se le notan los nervios, que lo está pasando mal, aunque esto no le impide la expresión	Se expresa con cierta tranquilidad	Se expresa con seguridad	Se expresa con naturalidad, con un dominio destacado
	Las presentaciones están estructuradas, cumpliendo con los requisitos exigidos, si los hubiera	Sus presentaciones carecen de estructura inteligible	La estructura de la presentación no es eficaz, o no se ajusta a los requisitos exigidos	Las presentaciones están estructuradas, cumpliendo con los requisitos exigidos, si los hubiera	Enlaza ideas y argumentos con soltura	Realiza una comunicación muy eficaz y organizada
	En sus presentaciones utiliza medios de apoyo	No utiliza los medios de apoyo requeridos o razonablemente necesarios	Los medios de apoyo utilizados no son apropiados a la presentación	Utiliza medios de apoyo requeridos o razonablemente necesarios	La utilización de los medios de apoyo ayuda a la audiencia a ubicarse en el discurso	La utilización de los medios de apoyo le permite enfatizar las claves de la presentación
	Sabe responder a las preguntas que se le formulan	No sabe responder a las preguntas que se le formulan	Contesta a las preguntas que se le formulan sin llegar a responderlas	Sabe responder a las preguntas que se le formulan	Sabe responder a las preguntas que se le formulan con acierto	Responde a las preguntas que se le formulan con soltura y acierto

Según [GAG+09] “la rúbrica ayuda a los profesores a definir la excelencia y el plan de instrucción, alinea los objetivos del currículo y la propuesta de evaluación, ayuda a ser cuidadosos, honestos y consistentes en las calificaciones, reduce el tiempo utilizado para evaluar el trabajo del estudiante, puede promover la consistencia entre las expectativas y los resultados de cursos, departamentos, etc. En los estudiantes, la rúbrica aclara las expectativas de los profesores, crea un alto nivel de exigencia con una realización de calidad claramente indicada, ayuda en la autoevaluación y la evaluación recíproca y proporciona un feedback orientado que identifica cómo y dónde hay que mejorar”. De acuerdo con [BP05] “las rúbricas permiten a los estudiantes juzgar la calidad de su trabajo y facilitar las formas en que se podría

mejorar". Es por ello que en la literatura se puede encontrar el término "rúbricas de aprendizaje" para hacer mención al mismo concepto.

Las competencias de la asignatura sobre la que se trabaja en esta tesis están recogidas en la guía de aprendizaje de dicha asignatura, y fueron definidas cuando la asignatura se creó, basándose en las características que deben cubrir los laboratorios según ABET (Tabla 2.2). Así, el trabajo desarrollado en el laboratorio remoto VISIR ayuda a cubrir los seis objetivos prácticos. Esto es así para todas las competencias en que se hace uso de este laboratorio, aunque el trabajo de tesis se centre en una de ellas como representativa (Tabla 2.7) para diseñar e implementar el modelo.

Se recuerda la hipótesis enunciada en el capítulo 1:

H. Es posible definir un modelo en el que se apliquen técnicas de analíticas de aprendizaje al campo de los laboratorios remotos, que analice no sólo los datos de conexión sino todas las experiencias de uso, de modo que se puedan desarrollar herramientas automáticas de evaluación del aprendizaje.

Para su demostración, la competencia de la asignatura sobre la que se trabaja en esta tesis se presenta en la Fig.2.19.

El elegido es el Nivel 1 de la competencia específica CE1: *Resolver Circuitos Básicos de Corriente Continua utilizando VISIR*, que es el nivel que se corresponde con la utilización directa del laboratorio remoto dentro de esa competencia, y cuyos datos son recogidos por WebLab-Deusto. Así, los alumnos, al término del uso del laboratorio remoto VISIR, deben ser capaces de "implementar el circuito pedido por el profesor", y "medir los diferentes valores de resistencia, voltaje e intensidad de dicho circuito", lo que implica "utilizar la fuente y el multímetro de manera adecuada". Cada uno de estos indicadores se especifica en una serie de características a modo de "pasos", que pueden servir al alumno de guía para comprender mejor qué entraña cada indicador. Tanto los indicadores como las características que deben cumplir éstos, están consensuados entre los profesores de la asignatura a partir de la forma en que se corrigen ejercicios de modo manual. La transformación de la Fig.2.19 en rúbrica se muestra en la Tabla 2.8.

Tabla 2.7 Objetivos cumplidos con VISIR en el desarrollo de la CE1.

COMPETENCIA	OBJETIVO	CÓMO
CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver Circuitos Básicos de Corriente Continua utilizando VISIR	Instrumentación	Utilizando el multímetro y la fuente de alimentación.
	Modelos	Desarrollando modelos a partir de los montajes realizados o comprobando los propuestos por el profesor.
	Experimentos	Implementando montajes a partir de los modelos o como búsqueda de nuevos conocimientos.
	Análisis de datos	Analizando la información devuelta por el laboratorio para determinar qué está sucediendo.
	Diseño	Implementando los circuitos pedidos por el profesor.
	Aprendizaje de los errores	Analizando la información devuelta por el laboratorio para determinar cuál es y dónde está el fallo.

En ella se recogen los indicadores, y por cada uno de ellos las características elegidas para que dicho indicador sea 100% correcto. Así, los descriptores están formados por un subconjunto de dichas características, resultando muy específicos y objetivos. Sólo se ha completado la primera columna, que es la de 100% de cumplimiento del indicador, pues la elección de las características del resto de descriptores depende del objetivo a cumplir con el ejercicio o grupo de ejercicios concretos, y deben ser elegidas por el profesor. Del mismo modo, cada indicador debe tener un peso (porcentaje asignado) para ese ejercicio, que también depende del objetivo buscado: si, por ejemplo, se quiere aprender a construir circuitos, basta con utilizar el indicador 1, que tiene por tanto el 100% de la nota. Si se trata de un ejercicio de medición de voltajes se necesitan los indicadores 1, 2 y 4, y debe ser el profesor quién determine la importancia de cada indicador, sumando los pesos de los tres el 100% de la nota.

Una vez validada la hipótesis original, se puede ampliar el sistema que acompaña al modelo para aplicarse a cualquiera de las competencias.

CE1:	Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados.
Nivel1:	Resolver Circuitos Básicos de Corriente Continua utilizando VISIR
Indicador 1:	<p>Implementa el circuito pedido</p> <p>Elige todos los componentes que forman parte del circuito</p> <p>Conecta los componentes en serie o paralelo según corresponda</p>
Indicador 2:	<p>Utiliza la fuente de alimentación</p> <p>Elige el voltaje pedido de la fuente de alimentación</p> <p>Realiza la conexión de la fuente donde corresponde</p>
Indicador 3:	<p>Mide el valor óhmico de la/s resistencia/s</p> <p>Conecta el multímetro en los terminales a medir</p> <p>No alimenta el circuito</p> <p>Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con V/Ohm</p> <p>Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de Ohm</p>
Indicador 4:	<p>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</p> <p>Conecta el multímetro en los terminales a medir</p> <p>Alimenta el circuito</p> <p>Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con V/Ohm</p> <p>Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de V(CC)</p>
Indicador 5:	<p>Mide la intensidad de una rama del circuito</p> <p>Conecta el multímetro dentro de la rama a medir</p> <p>Alimenta el circuito</p> <p>Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con mA</p> <p>Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de A(CC)</p>

Figura 2.19 Indicadores y características para la evaluación de ejercicios de resolución de circuitos de Corriente Continua realizados con VISIR.

Tabla 2.8 Muestra de cómo se transforma la información de evaluación en rúbrica.

CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados										
Nivel1: Resolver Circuitos Básicos de Corriente Continua utilizando VISIR										
INDICADORES	DESCRIPTORES									
	1	2	3	4	5 (default)					
Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que forman parte del circuito	100%								
	Conecta los componentes en serie o paralelo según corresponda									
Utiliza la fuente de alimentación	Elige el voltaje pedido de la fuente de alimentación	100%								
	Realiza la conexión de la fuente donde corresponde									
Mide el valor óhmico de la/s resistencia/s	Conecta el multímetro en los terminales a medir	100%								
	NO alimenta el circuito									
	Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con V/Ohm									
	Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de Ohm									
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Conecta el multímetro en los terminales a medir	100%								
	Alimenta el circuito									
	Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con V/Ohm									
	Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de V(CC)									
Mide la intensidad de una rama del circuito	Conecta el multímetro dentro de la rama a medir	100%								
	Alimenta el circuito									
	Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con mA									
	Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de A(CC)									

2.5 Conclusiones

La contextualización del trabajo de tesis doctoral presentado en los apartados anteriores aparece resumida gráficamente en la Fig.2.20. Partiendo de las directrices del MFUD y de ABET, se explican las metodologías adoptadas para poder llevar a cabo un aprendizaje significativo y autónomo en el área de la ingeniería, tanto en el proceso de experimentación como en el de evaluación. Dicha evaluación debe ser eficaz, y ante los problemas que esto presenta se propone el uso de tres elementos principales: los laboratorios remotos, las analíticas de aprendizaje y las rúbricas de evaluación.

Así, el proceso de experimentación se complementa con la ayuda de laboratorios remotos, concretamente para el aprendizaje de competencias de electrónica.

Dado que el trabajo se sitúa dentro de la Universidad de Deusto, y dentro de ésta en la Facultad de Ingeniería, de la gran variedad de laboratorios existentes se ha escogido el RLMS WebLab-Deusto, y de entre los que éste proporciona, el laboratorio remoto VISIR, que es el primero con el que los alumnos tienen contacto, y marca por tanto su experiencia futura con los laboratorios remotos.

No obstante, el uso de laboratorios remotos hace que se disponga de mucha mayor cantidad de información de la que se puede manejar manualmente, con lo que hacen su aparición las analíticas de aprendizaje, que permiten manipular todos esos datos de un modo más eficiente y eficaz.

Para complementar la evaluación que se puede llevar a cabo con las analíticas de aprendizaje se introducen las rúbricas, que proporcionan objetividad en los criterios, y por tanto consistencia y fiabilidad a la evaluación.

Con la unión de estos tres elementos se propone AAAS (Activities Automatic Assessment System), modelo para llevar a cabo una evaluación automática en el área de los laboratorios remotos. Dicha evaluación es eficaz en sus dos vertientes, sumativa y formativa, y para los dos tipos de usuario que pueden necesitarlas: el profesor como guía del proceso de enseñanza-aprendizaje que puede modelar su proceso docente según el resultado de dicha evaluación, y el estudiante, que puede conocer en todo momento en qué fase del proceso se encuentra y qué debe hacer para mejorarlo.

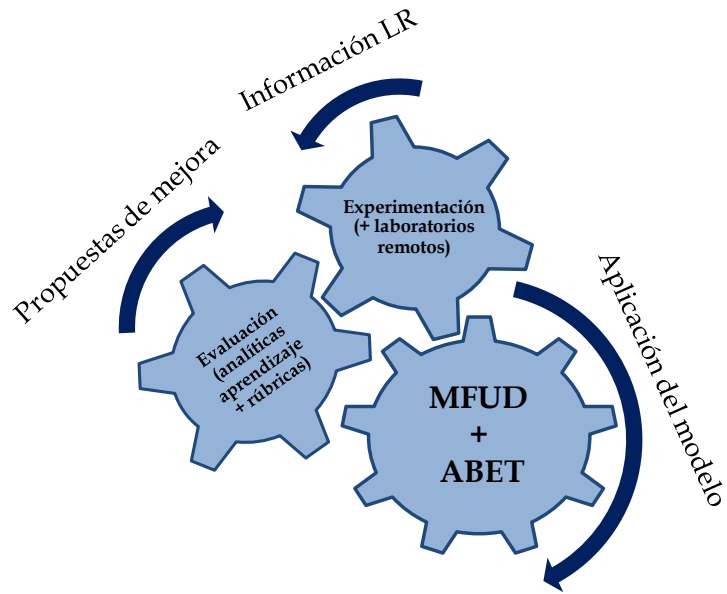


Figura 2.20 Contextualización del trabajo de investigación.

Previo a exponer el modelo propuesto, en el siguiente capítulo se procede a presentar el estado del arte en cuanto a modelos de evaluación con soporte electrónico, para determinar las pautas que permitan la comparación con el propuesto con la intención de clarificar su aportación.

Estado del arte

Tras exponer las características de lo que se considera una evaluación eficaz, sus problemas y las herramientas propuestas como soluciones parciales, se presentan en este capítulo los modelos existentes en cuanto a evaluación asistida por ordenador de competencias prácticas en áreas técnicas, que se basan en una o varias de esas herramientas, para poder compararlos con AAAS (Activities Automatic Assessment System), la solución integral propuesta para la evaluación automática de actividades realizadas con un laboratorio remoto de electrónica mediante técnicas de LA y rúbricas de evaluación.

Así, el capítulo se divide en dos grandes bloques. En el primero, en base a literatura especializada, se presentan el concepto y las ventajas de la evaluación asistida por ordenador y cómo diversos autores han aplicado dicha evaluación a las herramientas propuestas en el capítulo anterior: evaluación en laboratorios remotos, entornos de uso de rúbricas de evaluación y utilización de LA para evaluación.

En el segundo bloque de este capítulo se analizan a fondo nueve modelos, atendiendo a estos aspectos y al tipo de información que procesan y ofrecen.

Los modelos analizados han sido seleccionados por:

- a) Ser modelos de evaluación electrónica.
- b) Evaluar competencias prácticas.
- c) Aplicarse en áreas tecnológicas.

Además, se hace uso de un estudio reciente [SF14], donde los autores proponen un modelo conceptual, ALOE (Assessment of Learning Outcomes in Engineering), y lo implementan como una herramienta web que sugiere a los docentes las estrategias de evaluación electrónica más adecuadas, dependiendo de los objetivos perseguidos en el aprendizaje de competencias en los estudios de ingeniería. Para definir los objetivos de aprendizaje a tener en cuenta, los autores toman como referencia los propuestos por ABET y por su homóloga en Europa ENAEE (European Network for Accreditation of Engineering Education), creada a partir del proyecto EUR-ACE en 2006. Por otra parte, los métodos de evaluación asistida por ordenador que consideran se agrupan en seis categorías generales, donde están incluidos casi cuarenta métodos de evaluación encontrados por los autores como casos prácticos en la literatura del área. Como último paso relacionan los objetivos con los posibles métodos de evaluación tal y como se muestra en la Tabla 3.1. Como puede observarse en dicha tabla, la mayoría de los métodos propuestos (filas de la tabla) pueden ser utilizados para más de un objetivo de aprendizaje (columnas de la tabla), y casi todos los objetivos pueden evaluarse por más de un método.

Como lo que se quiere comparar en este capítulo son los modelos de evaluación que se utilizan para el trabajo de competencias prácticas, hay que fijarse en esa columna (practical case) y en sus correspondientes métodos de evaluación. Los modelos analizados utilizan una o varias de esas herramientas.

Finaliza el capítulo comparando los sistemas analizados entre sí para observar, antes de profundizar en el diseño e implementación del modelo propuesto, AAAS, las mejoras que debería tener éste frente a los ya existentes. Las características de comparación son las mencionadas como importantes por los propios autores de los modelos analizados y según las referencias aportadas en este capítulo y el anterior al hablar de todas las dimensiones de la evaluación.

Tabla 3.1 Relación entre objetivos de aprendizaje (columnas) y métodos de evaluación (filas) [SF14].

	MCQ	SAQ	Essays	Practical case	Problems	Reflective
Animation				x	x	
Audio			x			x
Chat discussion				x	x	x
Computer based test or exam	x	x	x			
Concept maps			x	x	x	x
Diagram			x	x		
Discussion forum		x	x	x	x	x
e-portfolio						x
File upload		x	x	x	x	x
Game					x	
Remote lab				x		
Simulations				x		
slideshow		x	x			
Video			x	x		x
Virtual lab				x		
Wiki			x	x	x	

3.1 La evaluación asistida por ordenador

[GM07] define la evaluación en línea o asistida por ordenador como un sistema para evaluar el logro académico de los estudiantes en un entorno informatizado. [WTR08] añade que el propósito de la evaluación *on-line* es monitorizar lo que el alumno entiende, mejorar los programas académicos y mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Según [Der09] la evaluación asistida por ordenador es ampliamente reconocida como un tema clave en la mejora de la calidad del aprendizaje en línea de los estudiantes. En esta tesis los términos “evaluación asistida por ordenador”, “evaluación en línea”, “evaluación *on-line*”, e incluso el término en inglés “*e-assessment*” se utilizan indistintamente para hacer referencia a la evaluación que se realiza por medio de un ordenador, sin que el término “en línea” signifique obligatoriamente a través de Internet, y sin que implique que la evaluación deba ser automática.

En [Maw13] se presentan las ventajas de la evaluación *on-line* a partir del estudio de los diez entornos que recoge en la Tabla 3.2. Los métodos, países, tipos de participantes y número de participantes por grupo son variados y los temas centrales tratados son cuatro: la percepción, la validez y los beneficios de la evaluación *on-line* y la ayuda a los estudiantes durante la misma. Los siete estudios donde se analizan las percepciones de los estudiantes de la evaluación en línea dan resultados consistentes. Con pocas excepciones, los estudiantes tienen una percepción positiva de la evaluación formativa asistida por ordenador. Los participantes la perciben como justa, confiable, segura, accesible y que agrega valor a su aprendizaje. Los estudiantes creen que la evaluación asistida por ordenador es actual, menos estresante, agradable y capaz de identificar sus necesidades de aprendizaje. Las percepciones de la evaluación formativa en línea también son positivas, independientemente de la edad y del género del participante.

Tabla 3.2 Participantes en el estudio de [Maw13].

Autores	País	Tamaño de la muestra	Participantes	Método
[BJ09]	Algeria	242	Estudiantes de grado	Cuantitativo
[CT09]	Taiwan	52	Estudiantes de postgrado	Cuantitativo
[CMK+10]	Australia	43	Estudiantes de grado, miembros de facultad, y estudiantes de postgrado	Cuantitativo
[Der09]	UK	30	Estudiantes de grado	Cualitativo
[GM07]	US	2028	Estudiantes de grado y miembros de facultad	Cuantitativo
[LSS08]	USA	38	Estudiantes de grado	Mixto
[Ozd05]	Turquía	46	Estudiantes de grado	Cualitativo
[WTR08]	UK	15	Estudiantes de grado	Cualitativo
[YB09]	USA	850	Estudiantes de grado	Mixto
[Yil10]	Turquía	14	Estudiantes de postgrado	Mixto

Los estudiantes también perciben la evaluación en línea por pares de forma positiva, ya que fomenta la colaboración y promueve una retroalimentación efectiva, y consideran que su trabajo es mejorado por el proceso. A pesar de la percepción general positiva en cuanto a la evaluación en línea, también expresan problemas encontrados, como completar preguntas de respuesta corta, los intentos ilimitados o la imposibilidad de editar respuestas después de una evaluación formativa. Además, los autores encuentran que los estudiantes requieren de mecanismos de apoyo para facilitar su participación en la evaluación en línea. Estos mecanismos incluyen rúbricas, definición clara de los criterios, tutoriales de evaluación e instrucción relacionada con la crítica constructiva para las evaluaciones por pares. La formación es necesaria para que los estudiantes estén familiarizados con los sistemas de evaluación formativa en línea antes de que comience la evaluación en sí. Estos resultados son consistentes con las estrategias ampliamente aceptadas como las mejores prácticas para la evaluación en ambientes no en línea.

Según el mismo autor [Maw13] esta revisión de la literatura revela que la evaluación en línea puede ser una estrategia válida para observar el aprendizaje del estudiante y los exámenes en línea supervisados son tan válidos como los llevados a cabo en persona. Además, la evaluación por pares tiene una alta correlación con la validez de evaluación docente que indica, y su validez se puede mejorar mediante clasificación de la participación de los estudiantes en el proceso de evaluación, la combinación de la evaluación por pares en línea con la autoevaluación, mediante el uso de al menos cuatro evaluadores pares y mediante el uso de rúbricas y la formación.

Esta revisión de la literatura identifica también los beneficios de la evaluación en línea. Para la mayoría de los estudiantes, la evaluación *on-line* formativa es motivacional, propicia pensamientos de orden superior, refuerza el aprendizaje y sirve como un método eficaz para identificar lagunas en sus conocimientos.

3.1.1 Herramientas de evaluación *on-line*

Vistas las características, se presentan los estudios realizados por varios autores en cuanto a diferentes herramientas de evaluación *on-line*.

Así, en [GKC10] se realiza una selección de formatos según las características que ofrecen y su relevancia. Se analizan los formatos IMS QTI [GLC12], Moodle XML [Moo15], BlackBoard (www.blackboard.com), OpenMark (www.open.ac.uk/openmarkexamples) y Hot Potatoes (hotpot.uvic.ca). No obstante, para compararlas lo hacen según el tipo de preguntas, diferenciando entre: respuestas cortas, ensayo (no corregido automáticamente), preguntas de opción múltiple, preguntas de respuesta múltiple, rellenado de espacios en blanco, correspondencia y crucigrama.

[Cri11] va un poco más allá, y añade a los ya expuestos el uso de simulaciones, entornos virtuales y laboratorios remotos. No obstante, el modo de evaluación mediante pregunta-respuesta sigue siendo el predominante, aunque la experiencia de usuario sea más gratificante en cuanto a uso de la herramienta.

Sin embargo, las habilidades cognitivas, donde los estudiantes tienen que aplicar la analítica, o las habilidades creativas y constructivas, no se pueden evaluar a través de elementos de evaluación básicos [GBK08] [MU13]. También en [PS12] observan que la mayoría de los métodos de evaluación por ordenador no sirven para evaluar competencias de orden superior como las de pensamiento, ya que esperan respuestas cerradas. Así mismo en [Buc00] sostienen que preguntas de opción múltiple no pueden evaluar competencias tales como la cooperación y las habilidades de reflexión crítica promovidas por ejemplo por el aprendizaje colaborativo [Der09].

Otro aspecto es el de evaluación automática. Para algunos autores como [RMP04] la evaluación *on-line* no implica evaluación automática, sino uso de diferentes tecnologías y programas para recoger datos que el profesor utiliza para la evaluación. Así lo hacen constar en su revisión de bibliografía sobre *e-assessment*, proponiendo el portafolio digital (e-portafolio), la evaluación entre pares y los recursos *on-line* para el trabajo en grupo y la comunicación; como herramientas que cambian la forma en la que se percibe la evaluación.

En cuanto a los dos tipos de evaluación principales según su propósito, si no se queda uno en la evaluación sumativa, sino que se busca además la retroalimentación y ayuda al estudiante, se llega a los ITS (Intelligent Tutoring Systems) cuya principal característica está en

proporcionar asistencia a los estudiantes mediante un tutor o asistente virtual [Hue11]. Los ITS facilitan el aprendizaje a través de la interacción del estudiante con el asistente virtual: éste proporciona orientaciones, mensajes de error y retroalimentación. Como ejemplos de ITS para la aplicación en el área de lógica formal se encuentran por ejemplo Organon [DL07], AELL [Hue11] y Pandora [Imp13].

Según [Mar09] [PDM+10], a pesar de que la evolución de la educación en línea ha llevado a una transformación en la forma de evaluar, en la mayoría de los casos no es más que una copia de las evaluaciones en papel. Así, los tipos habituales basados en preguntas son buenos para la evaluación del nivel de conocimiento de los estudiantes, pero no así de las competencias, en que habría que buscar algo más [MHB+05].

3.2 Evaluación en laboratorios remotos

Aunque la bibliografía en cuanto a herramientas de evaluación electrónica es extensa, no es así cuando la evaluación se refiere al campo de los laboratorios remotos. Incluso cuando se encuentran artículos sobre evaluación de laboratorios remotos, se suelen referir a estudios sobre la evaluación de su efectividad, o de alguna de sus características, y no a pruebas de evaluación del aprendizaje del alumnado realizadas con laboratorios remotos.

En [GNZ+09] por ejemplo, proponen la autoevaluación de las prácticas: los estudiantes deben analizar los circuitos existentes en los manuales de instrucciones de laboratorio, utilizando tanto cálculo manual como simulación antes de las clases de laboratorio supervisadas. Si los resultados de ambos métodos son idénticos, los estudiantes tienen razones para creer que sus cálculos son correctos. El último paso es realizar el experimento correspondiente utilizando el laboratorio remoto o el tradicional. Si el resultado sigue siendo el mismo, los estudiantes tienen razones para creer que la teoría funciona en un caso real.

En [BH14] la metodología de evaluación combina el uso de múltiples instrumentos básicos como los informes de laboratorio y exámenes en forma de cuestionarios sobre las prácticas de robótica realizadas con el laboratorio remoto. En este caso, los resultados son además utilizados para conocer la efectividad del laboratorio.

Como en otros entornos, para la evaluación de prácticas de laboratorio también es común el uso de portafolios electrónicos, evaluación por pares o incluso una valoración por parte del profesor mientras los alumnos realizan la práctica cuando ésta es en el aula [Ach11].

Cuando en la evaluación, a través del ordenador, además de preguntas específicas sobre las prácticas, se utilizan otros datos recogidos durante la práctica normal del estudiante, se llega al concepto de analíticas de aprendizaje (LA), lo cual se trata en el apartado 3.4.

3.3 Entornos de uso de rúbricas de evaluación

De entre los aspectos analizados en este capítulo, las rúbricas son las que más tradición tienen en educación, encontrándose multitud de estudios al respecto.

Así, en [RA10] se presenta un estudio sobre 20 artículos de uso práctico de rúbricas en educación universitaria, encontrando que su utilización en diferentes disciplinas es común, como en arte, literatura, medicina, enfermería o educación. Su uso habitual es dar retroalimentación a diferentes tipos de presentación de trabajos como mapas conceptuales, artículos, biografías, presentaciones orales, pensamiento crítico, portafolios, proyectos y competencias de comunicación oral y escrita.

La evaluación con la ayuda de rúbricas del trabajo en grupo también puede encontrarse en la bibliografía, incluso en áreas como las de ingeniería [GGM14].

En [LG02], basado en el enfoque de [Mag62] [JHM+02], la rúbrica desarrollada ha sido para la competencia genérica de pensamiento crítico cuando se trabaja en los laboratorios, también para el caso de estudiantes de ingeniería.

Algunos modelos utilizan incluso varios de los aspectos tratados en este capítulo, como [RGN14] que presentan SCALA (Scalable Competence Assessment through a Learning Analytics approach), un sistema de análisis que integra la interacción de los usuarios con los recursos, junto con la interacción entre profesores y estudiantes, para la evaluación de competencias, gracias a las trazas de uso y las rúbricas. El sistema presenta a

los profesores una visualización de los datos provenientes de seis actividades de evaluación sobre el trabajo en grupo.

Y es que en los grados de ingeniería las rúbricas son normalmente utilizadas para la evaluación de competencias genéricas [MOA+14].

Así, según [Tur12] también son muy utilizadas las rúbricas que miden la competencia de globalización, definida como *“la capacidad de comunicarse de manera efectiva a través de las fronteras culturales y lingüísticas y centrarse en cuestiones que trascienden las culturas y continentes”* [Hun04]. Pero dicha competencia no se mide en relación con los resultados que pide ABET para los estudios de ingeniería, y cuya evaluación es necesaria a partir de la introducción de esta competencia en los planes de estudio. Y cuando se han realizado estudios, los métodos no siempre han sido rigurosos al evaluarla en relación con el ejercicio profesional dentro de la disciplina académica. Un estudio que sí respaldan estos autores es el de [PJ94], que propone seis tipos de métodos de evaluación para ciertos resultados de los marcados por ABET relacionados con esta competencia. Plantean que para cada objetivo hay que utilizar más de un método, y que no todos los métodos sirven para todos los objetivos. Dichos métodos son: 1) test y exámenes, 2) medidas de actitudes y percepciones, 3) portafolios, 4) evaluaciones de desempeño y simulaciones, 5) observación del comportamiento y 6) examinadores externos.

3.4 Utilización de LA para evaluación

Como ya se expone en el apartado 2.3, LA permite recoger información sobre la interacción de un usuario con una aplicación durante el uso normal de ésta. Llegados a este punto, se empiezan a encontrar aplicaciones donde se realiza una auténtica evaluación en base a dichas trazas, aunque dada la “juventud” de esta área aún no sean abundantes.

Un campo muy claro e incipiente de aplicación es el de los “juegos serios” (serious games) [MRG+14] [GEJ+15], que son un tipo de videojuegos en los que se trabajan una serie de competencias que deben ser evaluadas. De hecho, en congresos de educación, ya se dedican sesiones especiales a esta área (www.educon-conference.org). En [STM+12] se recogen datos como el comienzo, fin o abandono del juego para conocer el número de intentos del estudiante para superar una fase, el tiempo que le ha costado o datos inferidos a partir de éstos. Como los juegos se suelen estructurar en

capítulos, fases o misiones, si cada una tiene asociado un nivel de competencia u objetivo, el cumplimiento de dicha fase puede llevar asociada una puntuación. Además, en cada fase pueden existir una serie de variables como un récord o número de oportunidades, que son evaluadas como un dato más a tener en cuenta. Otros datos recogidos como la utilización del teclado o ratón, la pulsación de determinadas teclas, el uso de objetos encontrados en el juego, etc. son o no utilizadas según el objetivo buscado, pero son datos fácilmente almacenables en el entorno de los videojuegos. Combinando la información proporcionada por el juego con las reglas marcadas por el profesor, se obtiene no solo la evaluación del estudiante, sino que se pueden detectar problemas en ciertas fases (con determinadas competencias), bien debidos al proceso de enseñanza-aprendizaje o a la propia herramienta de evaluación. La retroalimentación al alumno, tanto de reafirmación como de ayuda, es algo muy usado en videojuegos mediante pistas o personajes con información.

En [PE14] datos similares recogidos en una versión simplificada de un entorno de aprendizaje, LAERS [PTE14], como el tiempo de respuesta, las preguntas bien y mal contestadas o el número de veces que se ve cada pregunta son utilizados para desarrollar modelos predictivos que permitan una evaluación adaptada al estudiante, en base a su progreso y teniendo en cuenta su ritmo.

El objetivo de autores como [Iva14] es ofrecer modelos para la construcción de pruebas adaptables tipo test en cursos de programación, que podrían utilizarse en entornos integrados de aprendizaje, y que con la ayuda de LA sean pruebas que coincidan con la capacidad de los estudiantes, no resultando ni muy complejas ni tan sencillas que les aburran [AF13].

Tal como exponen en [AD13] la inmediatez dando retroalimentación sobre el desempeño académico es una característica común compartida por LA y por la evaluación formativa, pero hay poca literatura que investiga la combinación de estas dos técnicas. Así, presentan una aplicación analítica llamada *Quizz My Class Understanding* (QMCU) desarrollada con el propósito de investigar este binomio y con el fin de proporcionar a los estudiantes comentarios detallados inmediatos, haciendo uso de dispositivos móviles que les permite ver información sobre su progreso en comparación con el de la clase.

En [THC+13], a partir de la estructura de [SC12], se utiliza también la unión de LA y la evaluación formativa para a partir de la calificación en los test utilizados en las materias de estadística y matemáticas, aplicar técnicas de LA para inferir asociaciones con las características demográficas, diferencias culturales o estilos de aprendizaje. Y la información es transmitida a los estudiantes para que puedan regular su propio aprendizaje.

No obstante, autores como [GXC+15], tras una extensa revisión de más de 180 artículos, han encontrado que la mayoría hacen referencia a la evaluación sumativa cuando se habla de grupos, analizando sólo el producto final. Ellos van un poco más allá analizando los procesos de colaboración mediante técnicas analíticas.

Si se junta LA con la evaluación de laboratorios se encuentra alguna investigación, como [Ach11], donde se utilizan redes bayesianas para inferir en laboratorios virtuales a partir de *logs* y test el desempeño de los estudiantes en cuanto a competencias desarrolladas, como alternativa a técnicas de evaluación como los informes escritos o la observación física. En este estudio, la retroalimentación y la ayuda son ofrecidas al estudiante en persona, durante el desarrollo de las pruebas, por el docente y por el personal de apoyo.

También hay estudios que unen LA con rúbricas como [PKD+14], donde se presenta LAe-R (Learning Analytics Enriched Rubric), herramienta que se puede integrar en Moodle y que utiliza una técnica llamada de rúbricas enriquecidas que se basa en la mezcla de criterios de puntuación y clasificación de niveles propios de las rúbricas e indicadores derivados del análisis de la interacción de los alumnos con el entorno de aprendizaje, en este caso Moodle.

3.5 Comparativa de modelos existentes

Como puede observarse de todos los ejemplos anteriores, cuando se habla de evaluación asistida por ordenador, tanto los campos de aplicación de las herramientas *on-line*, como los objetivos, resultados o las técnicas utilizadas son diversas, no encontrando ninguno que contenga al mismo tiempo todos los elementos analizados en el capítulo anterior: evaluación de competencias prácticas de un modo formativo y sumativo, utilización de laboratorios remotos y aplicación de *learning analytics* y rúbricas de evaluación.

No obstante, para poderlos comparar hay que buscar unos criterios comunes que puedan compartir la mayoría de ellos. Así, las características de los modelos que se van a presentar se organizan en base a cuatro grandes apartados: captura de datos, preprocesado de datos, análisis de datos y muestra de resultados.

- La captura de datos hace referencia al tipo de datos con el que trabaja el modelo, de dónde se obtienen, qué forma tienen y otros aspectos relacionados con los datos de entrada.
- En el apartado de preprocesado se recogen todas aquellas modificaciones o tratamientos que se hacen a los datos, previo a su análisis.
- El análisis es el apartado en el que se tratan las técnicas y/o herramientas utilizadas para obtener resultados a partir de la información facilitada, además de características como si la evaluación es automática o no.
- Por último, el apartado de resultados recoge datos como el tipo de retroalimentación, si la evaluación es formativa o sumativa o la forma de mostrar dichos resultados.

El siguiente paso consiste en analizar y comparar los nueve modelos fundamentales de evaluación de competencias prácticas identificados en el estado del arte para determinar las oportunidades de mejora, partiendo de las limitaciones extraídas de este análisis. En el siguiente capítulo se describe el diseño e implementación del modelo propuesto y se presentan las aportaciones con respecto a las necesidades de mejora identificadas.

3.6 SISA-EMU

El primer modelo presentado se denomina SISA-EMU: *feedback* automático para ensamblador [AJL+08], y ha sido desarrollado en la Universidad Politécnica de Calatuña (UPC), desde el Departamento de Arquitectura de Computadores.

Tal y como explican los autores, los estudiantes de Ingeniería Informática deben adquirir la competencia de análisis y depuración de código, tanto de alto como de bajo nivel, pero debido a la complejidad de las

herramientas utilizadas en los laboratorios se suelen apoyar en la ayuda del profesor. Constatan además que la mayoría de las veces las dudas son las mismas y se resuelven de forma fácil y rápida, pero el profesor debe dividir su tiempo entre los alumnos, por lo que los tiempos de espera se alargan. Así, SISA-EMU se presenta como un entorno que permite comprobar rápidamente si una solución es correcta, fomentando la autonomía de los estudiantes.

3.6.1 Captura de datos

En las asignaturas de Arquitectura, Estructura y Tecnología de Computadores de primeros cursos de carreras técnicas, las competencias prácticas a cubrir tienen que ver con el análisis de conceptos básicos sobre arquitectura de procesadores, el lenguaje ensamblador, la sincronización con el subsistema de entradas/salidas y la estructura de la memoria y su gestión.

Habitualmente se utilizan simuladores para la realización de las pruebas por ser entornos más amigables y controlados, que permiten obviar algunos aspectos reales que se escapan del objetivo principal, y no necesitan de un hardware de prácticas específico, con lo que su mantenimiento, adaptación y ampliación es más sencillo.

En la UPC utilizan como herramienta la arquitectura SISA (Simple Instruction Set Architecture), desarrollada por el propio departamento con fines didácticos. Su objetivo es *“facilitar la enseñanza del funcionamiento de un procesador completo a lo largo de diferentes asignaturas de la carrera, de manera que en cada asignatura se construya sobre un sistema conocido, con dificultad creciente”*. Se pasa así por tres sistemas: uno básico (uniciclo), uno intermedio (multiciclo) y un último avanzado (superescalar).

SISA-EMU se ha desarrollado para su utilización con el segundo sistema, denominado SISA-F, un “sistema multiciclo en orden con unidad de coma flotante”, utilizado en la asignatura de Estructura de Computadores I de primer curso de carrera durante el segundo cuatrimestre. El procesador simulado de este sistema es SISP-F, de 16 bits e instrucciones RISC. Con SISA-EMU el alumno puede desarrollar, probar y depurar sus programas. Son estos programas los que actúan como entrada de datos al sistema, a partir de los cuales la herramienta puede evaluar la actuación de los alumnos.

Así, el entorno donde se realizan las prácticas lo forman el ensamblador, el enlazador o *linkador* y un programa depurador y simulador. El sistema cuenta entre sus funcionalidades con la simulación de los dispositivos de entrada/salida más usuales como la impresora, el teclado, el reloj, la pantalla e incluso el disco. Las funciones que proporciona para comprobar un programa son las típicas de ejecución paso a paso, inspección de valores de memoria (Fig.3.1) o la interacción con los dispositivos de entrada/salida (Fig.3.2).

Sin embargo, la utilización de un depurador es a menudo complicada para los alumnos por las capacidades de deducción que implica, lo que resulta además tedioso y causa el abandono de muchos. Esto lo han constatado los profesores de la asignatura con una encuesta de satisfacción. En ella los estudiantes valoran muy positivamente el simulador del que ya disponen pero, sin embargo, la gran mayoría admite que no utiliza el simulador para resolver los ejercicios de problemas y piensa que el simulador sería más útil si les proporcionase más información.

The screenshot shows the Sisa Debugger 0.16d interface. The main window is divided into several panes:

- Top Panel:** Shows the file name "Sisa Debugger 0.16d", the current source file "<s0>", and the status "[Stopped]".
- Left Panel (Disassembler):** Displays assembly code for source file "s0.s". The current instruction is highlighted: "000e* 6a05 bz r5, 0x001a". Other instructions include "movi r3, 0", "movi r4, 36", "movhi r4, 0", "cmplt r5, r1, r2", "add r6, r4, r1", "ld r5, 0(r6)", "add r3, r3, r5", "addi r1, r1, 2", "bz r0, 0x000c", and "movi r4, 34".
- Right Panel (Source):** Shows the assembly code for "main:" and "fibucle:". The instruction "BZ R5, fibucle" is highlighted. The "main:" section includes "MOVI R0, 0", "MOVI R1, 0", "MOVI R2, N*2", "MOVI R3, 0", and "\$MOVEI R4, V". The "fibucle:" section includes "CMPLT R5, R1, R2", "ADD R6, R4, R1", "LD R5, 0(R6)", "ADD R3, R3, R5", "ADDI R1, R1, 2", "BZ R0, bucle", "\$MOVEI R4, RES", "ST 0(R4), R3", and "HALT".
- Bottom Left Panel (Data):** Shows a hexadecimal memory dump starting at address 0000. The current instruction address (000e) is highlighted in red. The data at 000e is "ff ff fe ff fd ff fc ff fb ff fa ff".
- Bottom Right Panel (Registers):** Shows the state of registers R0 through R7 and PC. The current register values are: R0:0000, R1:0002, R2:0014, R3:ffff, R4:0024, R5:0001, R6:0024, R7:0000, PC:000e.

Figura 3.1 El simulador SISA-F. Vista del depurador.

```

[Stopped]
[3][ Ports ]
##### Rcon_pant 0004 = 0000
##### Rfil_pant 0005 = 0000
## Rcol_pant 0006 = 0000
## Rdat_pant 0007 = 0020
## Rcon_tec 0008 = 0000
## Rdat_tec 0009 = 0000
## Rest_tec 000a = 0000
## Rcon_imp 0038 = 0000
## Rdat_imp 0039 = 0020
## Rest_imp 003a = 0001
##
##

```

Figura 3.2 El simulador SISA-F. Vista de la simulación.

En la Fig.3.3 se recoge un ejercicio de muestra, que sería el de partida para los alumnos. Se puede observar que consta de un enunciado donde se especifica qué tienen que hacer y qué resultado deben obtener. El programa resultante que resuelve este ejercicio es uno de los datos de entrada al sistema, y en este caso tiene forma de programa en ensamblador (Fig.3.4).

```

Traduce a ensamblador SISA-F el
siguiente programa en alto nivel:
#define N 5
int RES=0;
int V[N]={-1,-2,-3,-4,-5};
main(){
register int i; // R1
for (i=0; i<N; i++)
RES=RES+V[i];
}
Si el programa es correcto el valor
final de la variable RES será de -
15.

```

Figura 3.3 Problema propuesto a los alumnos.

Además, para cada ejercicio con una definición similar, el profesor debe definir los criterios de corrección, así como los de detección de los errores más habituales y el mensaje que se dará a los alumnos sobre los mismos. Esto se hace mediante un *script* de corrección, cuya especificación para el ejercicio correspondiente de Fig.3.4 es el mostrado en la Tabla 3.3 y que es lo que en

esta tesis se denomina rúbrica de evaluación. Éste es el segundo tipo de datos utilizados para esta evaluación, donde la experiencia del docente es clave para definir una respuesta adecuada. No obstante, que el profesor deba escribir código para definir la evaluación no es una solución que pueda incorporarse a cualquier asignatura ni por cualquier docente, ya que implica no sólo su competencia como docente sino como programador.

```
.include "macros.s"
N = 5
.data
RES: .word 0
V: .word -1, -2, -3, -4, -5
.text
main:
MOVI R1, 0 ; Contador
MOVI R2, N ; Límite
MOVI R3, 0 ; Suma parcial
$MOVEI R4, V ; @ inicial de V
bucle:
CMPLT R5, R1, R2
BZ R5, fibucle ; Acaba en 5
ADD R5, R1, R1 ; Cada dato
;ocupa 2 bytes
ADD R5, R4, R5
LD R6, 0(R5) ; Leemos un dato
ADD R3, R3, R6 ; Acumulamos
ADDI R1, R1, 1 ; Actualizamos
; el índice
BNZ R1, bucle ; Salta siempre
fibucle:
$MOVEI R4, RES; Resultado
ST 0(R4), R3
HALT ; Acaba
```

Figura 3.4 Programa propuesto a los alumnos resuelto en lenguaje ensamblador.

3.6.2 Preprocesador de datos

El sistema obtiene los datos directamente del ejercicio realizado por el alumno, sin realizar ningún paso previo. No obstante, la función de preprocesado se realiza implícitamente, ya que no se utilizan todos los datos del programa, sino sólo aquellos que el docente haya detectado como errores típicos y por tanto haya incluido en la definición del *script*.

Tabla 3.3 Especificación del *script* de corrección.

#	Criterio	Comprobación	Mensaje si se cumple
1	Código correcto	RES = -15 El programa acaba en el fin del main	Tu programa es correcto.
2	Errores habituales: Acceso no alineado	El programa genera una excepción por acceso no alineado	Tu programa realiza un acceso de 2 bytes a una dirección impar. Comprueba si calculas bien la dirección de los elementos V[i].
3	Error habitual: acceden a los elementos correctos pero no los suman en la variable destino	Acceden a los elementos que deben acceder pero RES no vale -15	Tu programa lee los valores que tocan pero no los sumas bien o no los guardas en memoria.
4	Error habitual: acceden a memoria pero no al vector V	Acceden a elementos cuya dirección no pertenece al vector	Lees direcciones de memoria que no tocan. Verifica el cálculo de la dirección que lees.
5	Error habitual: El programa no acaba	El programa no acaba	Tu programa no acaba, has programado un bucle infinito.
6	Error específico: Realizan 5 sumas en vez de un bucle	El código contiene 5 loads.	No debes sumar los 5 elementos uno a uno sino hacerlo con un bucle. Repite el problema.
7	Error específico: No leen de memoria los valores del vector, sólo calculan su dirección.	No ejecutan ninguna instrucción LOAD	Tu programa no lee los elementos V[i] de memoria. Debe hacerlo con instrucciones LOAD.
8	Error específico: No realizan correctamente el bucle (este no se ejecuta 5 veces)	El código debe ejecutar la instrucción de suma exactamente 5 veces.	Tu código tiene un bucle que se ejecuta N veces en vez de 5. Compruébalo.
9	El sistema no es capaz de determinar que hace el programa.	Ninguno de los anteriores.	Error indefinido, consúltalo con el profesor.

3.6.3 Análisis de datos

El análisis de los datos de entrada se realiza a partir del ejercicio introducido por el alumno en el simulador y el *script* de corrección del profesor. Al tratarse de un programa que se ejecuta sobre unas variables, la corrección resulta automática una vez que se han introducido los criterios de corrección.

Cada nuevo ejercicio necesita un *script* específico, donde el profesor define de forma inequívoca tanto los errores más habituales como la forma de comprobarlos. Tras la definición de resultados correctos, valores y criterios de comprobación y errores, el profesor debe programar un código de validación para comprobar dichos criterios y devolver el mensaje adecuado. Dicha programación se realiza en un entorno desarrollado en JAVA con directivas integradas en el lenguaje Python.

3.6.4 Muestra de resultados

La característica que distingue a SISA-EMU de otros simuladores es que tiene la capacidad de ofrecer retroalimentación a los alumnos. Esto ha sido necesario ya que los autores observaron que con la sola utilización del simulador los alumnos no son capaces de extraer el máximo partido a la herramienta, y dependían de la retroalimentación del profesor. Debido a la

falta de dicha retroalimentación fuera del laboratorio y/o la diferenciación entre teoría y práctica, observaron también que la herramienta sólo la utilizan en las horas de clase, pero no para probar ejercicios de teoría. Así, con la herramienta el alumno dispone de información inmediata sobre su ejercicio sin depender del profesor, ni por tanto del horario de clases, ya que puede utilizar la herramienta donde quiera para comprobar sus ejercicios. El tiempo del profesor queda así libre para contestar dudas más conceptuales y menos mecánicas. Las facilidades proporcionadas por la herramienta hacen que los alumnos la vean además como una ayuda en la parte teórica.

El entorno presenta varios tipos de resultados, todos en forma de mensaje. Por una parte, informa de si el resultado es o no correcto. Pero además, si el resultado es erróneo, orienta a los alumnos sobre los errores cometidos. Dichos errores, no obstante, son los detectados por el profesor como los más frecuentes, y los mensajes deben ayudar a los alumnos a corregir el fallo y animarles a depurar sus programas.

No obstante, los resultados obtenidos por la herramienta son sólo de evaluación formativa, y únicamente para los estudiantes, ya que se producen de forma inmediata cuando se ejecuta un programa, pero el profesor no tiene constancia de ellos ni se almacena ningún dato de uso. Además, la asignatura es evaluada mediante tres exámenes: un parcial con el 20% del peso, un examen de laboratorio con otro 20% y un examen final con el 60% restante, con lo que los programas intermedios realizados no se tienen en cuenta.

3.7 AUTOEVAL

Esta herramienta se presenta como un nuevo sistema para la evaluación automática de actividades prácticas relacionadas con la configuración de los servicios de red [RTR+11].

Se ha desarrollado desde la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), porque como sus autores indican, dado el gran número de estudiantes que realizan sus estudios a distancia, es fundamental el uso de plataformas de evaluación escalables en el proceso de aprendizaje de los estudiantes para realizar esta labor de forma eficiente. Esta herramienta se encuentra incluida dentro del LMS (Learning Management System) que se utiliza en la UNED, aLF, también desarrollado en la propia institución.

3.7.1 Captura de datos

La asignatura sobre la que se utiliza esta herramienta se llama *Management of Network Services in Operating Systems* (MoNSiOS) y pertenece al primer semestre de un programa oficial de postgrado de la Facultad de Informática de la UNED. En ella los alumnos deben configurar algunos servicios de red utilizando una red virtual.

Dado que la administración de redes constituye una competencia importante para este tipo de profesionales es fundamental su práctica y evaluación más allá de los conocimientos teóricos. En la Tabla 3.4 se muestra el listado completo de actividades evaluadas con la herramienta. La configuración de la red según el tipo de actividad es uno de los datos que se utiliza para la evaluación.

No obstante, la plataforma donde se encuentra la herramienta sigue la arquitectura cliente/servidor y desde el cliente tiene dos vistas, la del profesor y la del estudiante. Desde la correspondiente pantalla de edición, el profesor introduce los parámetros relevantes de cada actividad y otorga una calificación a cada uno de ellos. A continuación se generan automáticamente las rúbricas de evaluación, tipo *script*, dependiendo de las actividades elegidas, que son la segunda entrada de datos al sistema.

3.7.2 Preprocesador de datos

Para cada actividad práctica que realiza el alumno sólo se tienen en cuenta en cada ocasión aquellos parámetros de red que el profesor ha marcado como relevantes, de modo que son dichos parámetros y no toda la configuración de red la que se utiliza en cada caso.

3.7.3 Análisis de datos

Según presentan los autores, a diferencia de las plataformas tradicionales basadas en contenidos teóricos para evaluar los conocimientos de los estudiantes, el sistema propuesto es capaz de evaluar de inmediato las habilidades prácticas de estos y, además, proporcionarles retroalimentación sobre la exactitud de sus actividades.

Para ello el alumno desde su interfaz (Fig.3.5) sólo tiene que pulsar el botón “evaluar” de una actividad concreta, para que el sistema descargue y ejecute el *script* correspondiente y, dependiendo de los parámetros especificados por el profesor, se compare con lo realizado y se genere el informe de evaluación. Dicho informe a su vez es enviado automáticamente al profesor.

Tabla 3.4 Lista de actividades de evaluación.

Summary
1 Implementation of a virtual infrastructure that simulates a local network. This infrastructure includes the physical machine, a client virtual machine, and another virtual machine which performs the functions of a server.
2 Configuration of the DHCP and DNS network protocols which controls the virtual infrastructure.
3 Configuration of a customized organizational structure within the virtual infrastructure (users, groups, domains, etc.). Some policy groups must also be defined.
4 Configuration of the FTP server within the virtual infrastructure, including users with both anonymous and authorized access.
5 Configuration of a Web server within the virtual infrastructure.
6 Configuration of an e-mail server within the virtual infrastructure.

3.7.4 Muestra de resultados

El LMS proporciona dos interfaces diferenciados, uno para el profesor y otro para el estudiante, para que cada uno pueda realizar desde ahí todas las operaciones, desde la introducción de datos hasta la muestra de resultados.

En el caso del profesor, éste maneja el diseño de la actividad (pautas de corrección) en forma de *script* pero sin necesidad de conocer el lenguaje de programación y visualiza los informes sobre las actividades realizadas por los alumnos. Así, el docente puede seguir dinámicamente el progreso de los estudiantes con el fin de ajustar el proceso de aprendizaje a sus necesidades.

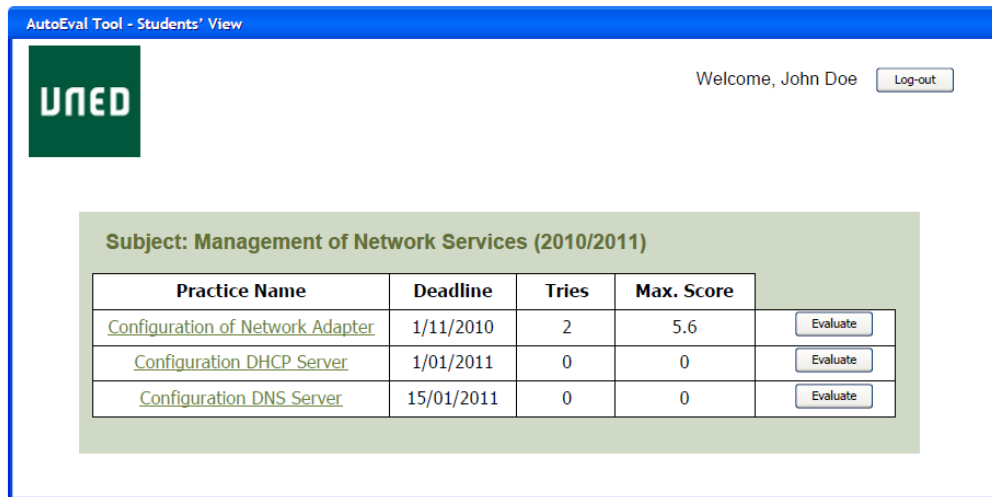


Figura 3.5 Interfaz gráfica de la vista de los estudiantes.

Los estudiantes por su parte, en la misma pantalla desde la que realizan la evaluación (Fig.3.5) disponen de datos globales sobre cada actividad como son la puntuación máxima y el número de intentos. En un segundo informe, más detallado (Fig.3.6), obtienen una evaluación específica de cada actividad que muestra los aciertos y fallos de la configuración realizada, comparada con aquella que se corresponde con los parámetros marcados por el profesor, además de una calificación final. Este tipo de informe representa así una evaluación sumativa y el profesor recibe asimismo la calificación; y formativa, puesto que el estudiante puede aprender a partir de los fallos realizados ya que la herramienta indica además cuáles son los valores correctos.

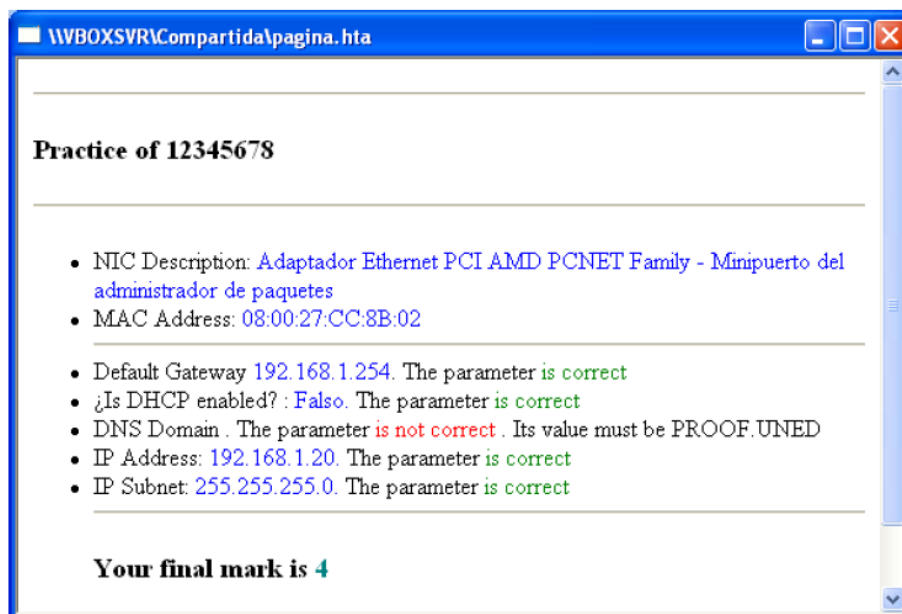


Figura 3.6 Informe de configuración de una red.

3.8 SAW

Como sucede con muchas asignaturas, el apoyo de herramientas asistidas por ordenador en el proceso de aprendizaje aporta dinamismo y con ello interés en los alumnos. Así sucede con la Geometría Dinámica (Dynamic Geometry, DG, en inglés), sobre todo cuando el aprendizaje se realiza con versiones vía Web desde un navegador en cualquier parte del mundo [MBB07]. Mediante el uso de este tipo de sistemas, los estudiantes pueden aumentar su rendimiento en la solución de problemas geométricos ya que se ven animados a realizar más ejercicios, pero esto hace a su vez que aumente la cantidad de trabajo del profesor para ser evaluados. Como consecuencia de esto aumentan los retrasos entre las entregas de los estudiantes y la retroalimentación del profesor, lo cual crea decepción o incluso abandono por parte de los alumnos. Para solucionar este problema en el caso de esta asignatura los autores presentan el software SAW (acrónimo de sistema de aprendizaje basado en Web, en Portugués), un sistema que incorpora módulos de *e-learning* (e-LMS) para los contenidos concretos de geometría y programación. Con la automatización de la tarea de evaluación consiguen un doble propósito: la disminución de la carga de trabajo de los docentes y un menor tiempo entre la entrega de los trabajos y su retroalimentación. Al tratarse de un LMS se dispone en una misma herramienta de recursos para la administración del curso así como de los contenidos de éste.

3.8.1 Captura de datos

La unión del sistema SAW junto con la herramienta para geometría IGEOM (SAW + IGEOM) se utiliza desde 2004 en varias experiencias didácticas en grado, cursos de verano para profesores de matemáticas e institutos. Las clases tienen lugar en laboratorios de ordenadores, generalmente por parejas, y la metodología utilizada es la de “resolución de problemas” y “aprender haciendo”: el profesor propone un problema y anima a los alumnos a que lo resuelvan por sí mismos con la ayuda de programas de ordenador. Al ser la retroalimentación dada por el sistema, los estudiantes pueden seguir su propio ritmo para realizar las actividades propuestas en cada lección.

El desarrollo de SAW viene motivado por la necesidad real detectada en el Instituto de Matemáticas y Estadística de la Universidad de São Paulo (IME-USP), Brasil. Con el incremento del uso de los recursos informáticos

como apoyo a la enseñanza y las actividades asociadas, se da la necesidad de gestionar tales recursos y de evaluar todo el material producido por los estudiantes a partir de ellos.

Es en este contexto donde se desarrolla SAW, cuya principal diferencia con otros LMS es su capacidad de incorporar recursos informáticos interactivos y evaluación automática de las actividades realizadas con esos recursos. Es el caso de iGeom, sistema de geometría dinámica con avanzadas prestaciones de libre distribución en <http://www.matematica.br/igeom>.

Dentro de SAW, los contenidos de aprendizaje se estructuran en “componentes” y dentro de éstos se clasifican en cursos, lecciones, temas, ejercicios, ejemplos y texto. Esto es así para facilitar la reutilización. Los alumnos se conectan a SAW, como a cualquier otro LMS, y desde allí pueden hacer uso del sistema y de los recursos en él contenidos como es el caso de iGeom. Desde esta herramienta el alumno puede realizar ejercicios de geometría y es la propia herramienta la que proporciona la evaluación automática. Es el profesor el encargado de seleccionar qué objetos deben dar una retroalimentación cuando se usan y cuál debe ser ésta para un ejercicio dado. En la Fig.3.7 se puede observar la interfaz desde la que trabaja el alumno.

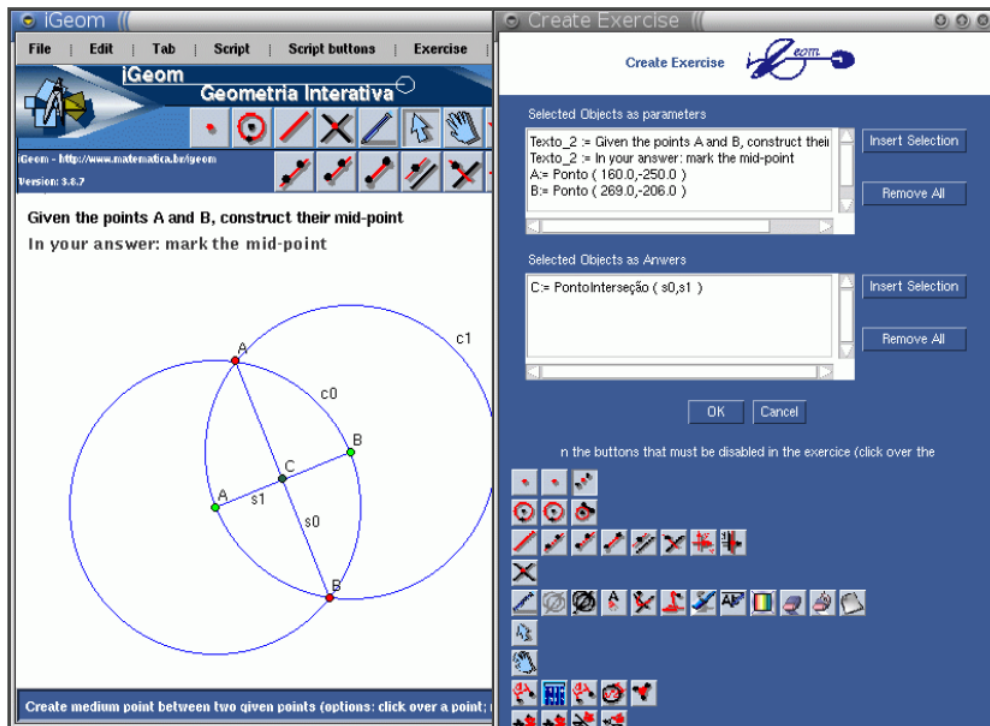


Figura 3.7 Interfaz de creación de iGeom.

Además, el profesor puede determinar dentro del LMS el camino a seguir por los estudiantes, vinculando actividades de modo que representen requisitos previos para pasar de una lección a otra o incluso de un contenido a otro, o que haya que realizar un número mínimo de actividades para pasar de una lección a otra. Ésta es otra ventaja de la evaluación automática, ya que el alumno puede ir realizando actividades a su ritmo, el sistema le evalúa en el mismo momento y puede continuar. En los casos en que esto no existe, el alumno solo puede subir la actividad a la plataforma y debe esperar a la evaluación del profesor para poder continuar.

3.8.2 Preprocesador de datos

Puesto que la herramienta de evaluación forma parte del propio programa iGeom no se conocen datos exactos sobre esta fase, pero para el análisis de los datos se utilizan algoritmos y métricas basadas en determinados puntos de las figuras realizadas, por lo que se entiende que sólo algunos datos significativos de los ejercicios son utilizados.

3.8.3 Análisis de datos

El alumno realiza su ejercicio normalmente y en el momento en que pulsa el botón de “enviar” es cuando se evalúa. La herramienta compara entonces la solución del alumno con la proporcionada por el profesor. Dicha comparación se realiza a través de métricas definidas para todos los objetos geométricos contenidos en iGeom. Dependiendo del resultado el programa envía una variable a SAW que indica si la solución es o no correcta según dichas métricas y algoritmos.

3.8.4 Muestra de resultados

El profesor desde SAW puede acceder a diferentes informes para conocer tanto el progreso de una clase como de un alumno particular. El informe de la clase presenta un análisis cualitativo de cada alumno de una clase específica durante una lección determinada. Se muestran todos los componentes en SAW relacionados con esa lección y una relación (alumno - estado del componente en términos de correcto/incorrecto) que permite a los tutores analizar el rendimiento de cada alumno en cada actividad propuesta para esa lección.

El informe resumen de la clase presenta un análisis cuantitativo de cada alumno de una clase específica durante una determinada lección, mostrando las puntuaciones de cada alumno para todas las actividades propuestas para esa lección. Esta información puede utilizarla el profesor para mostrar soluciones específicas viendo los resultados globales, los errores más comunes, etc.

Por último, el informe de alumno presenta un análisis cualitativo, para un alumno determinado registrado en un curso dado, que contiene datos relacionados con su actividad en todas las lecciones de ese curso.

Los alumnos por su parte, además de tener retroalimentación inmediata de los ejercicios realizados, cuando los profesores así lo habilitan, pueden obtener una copia de todos los ejercicios que componen todas las lecciones en que se registraron.

3.9 ALICE

En la llamada "era de la información" los alumnos crecen con la tecnología en todos los ámbitos de su vida y esperan lo mismo en el ámbito educativo. Así, se sienten a gusto utilizando herramientas y entornos de aprendizaje informatizado y actividades autodirigidas y de aprendizaje colaborativo. Y los docentes por su parte se enfrentan al reto de utilizar esa misma tecnología para evaluar el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Por estas razones, en [AHG11] se analizan dos escenarios en los que se utiliza la evaluación con ayuda de la tecnología dentro del proyecto ALICE, aunque solo uno de ellos se presenta en profundidad, por lo que es el que se va a comparar. Se trata de actividades de aprendizaje colaborativo, cuya evaluación por pares y autoevaluación mejora el proceso de aprendizaje de los alumnos según los autores, entre otras cosas por la retroalimentación proporcionada.

3.9.1 Captura de datos

El proyecto se desarrolla en un grupo de investigación de la Universidad Tecnológica de Graz (TUG), en colaboración con otros investigadores dentro del proyecto financiado denominado "*Adaptive Learning via Intuitive/Interactive, Collaborative and Emotional System*" (ALICE), de 2010 a 2012. TUG es el responsable del desarrollo de las tareas denominadas dentro del proyecto como "nuevas formas de evaluación", donde se desarrolla el

modelo integrado de *e-assessment* basado en experiencias de aprendizaje enriquecido. El modelo debe identificar posibles herramientas, prácticas y directrices que proporcionen mejoras en el modo de evaluación *on-line* para objetos complejos de aprendizaje como pueden ser juegos serios y simulaciones y aprendizaje colaborativo virtual, y tomando en consideración aspectos afectivos y emocionales.

La herramienta desarrollada es aplicada en los cursos de verano de la Universidad de Graz, en una asignatura llamada “Interacción Hombre Máquina” del departamento de Informática. En él participan un total de 18 alumnos repartidos en seis grupos.

Como parte de las actividades del curso los alumnos deben colaborar en la escritura de un artículo científico en un tema específico. Los estudiantes tienen que utilizar para ello la herramienta *Co-writing wiki*, tanto para la escritura del artículo como para comunicarse.

Como parte de la herramienta hay una página web donde los alumnos van anotando las tareas que realizan, lo que tienen intención de hacer, quién lo hace, cómo de importante es la tarea para el objetivo del grupo, etc. Esta información sirve tanto al resto del grupo como al profesor para estar informados sobre el progreso del trabajo (Fig.3.8).

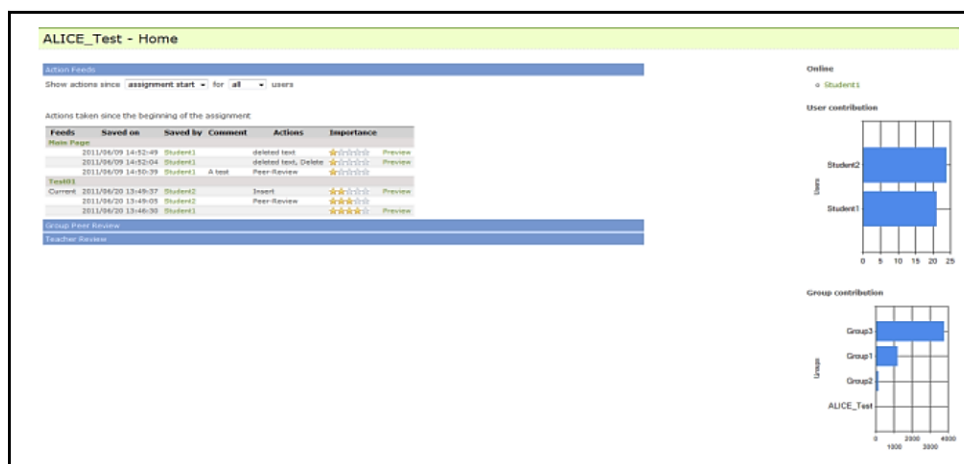


Figura 3.8 Página de asignaciones.

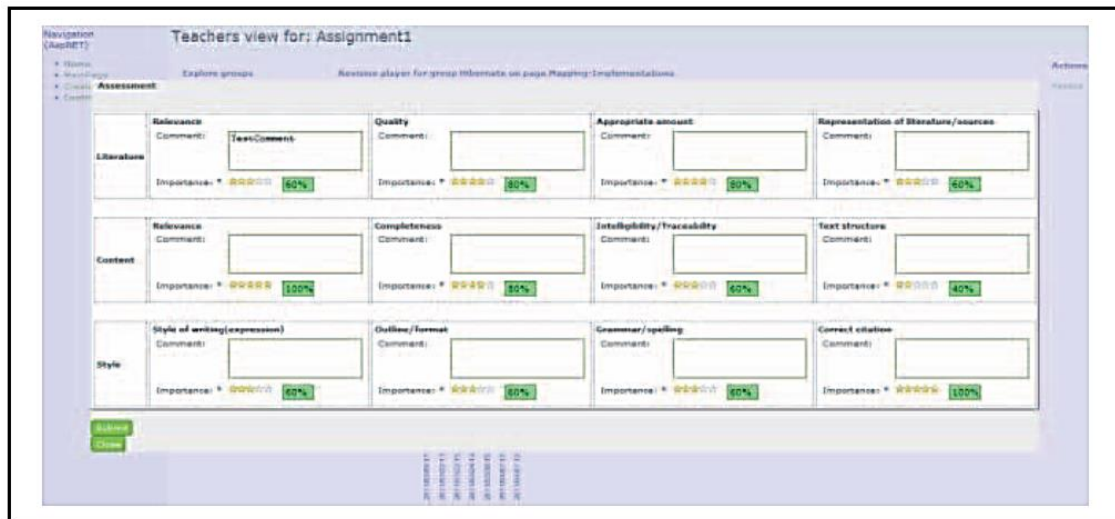


Figura 3.9 Utilización de rúbricas para la evaluación de grupo.

3.9.2 Preprocesador de datos

Los datos introducidos tanto por los alumnos individuales como por los grupos se muestran a los interesados, en el caso de los comentarios, tal y como se han introducido, por lo que no necesitan ningún tratamiento previo al análisis.

Aquellos datos numéricos utilizados para evaluar también se recogen y se utilizan luego en el análisis, pero no necesitan de ningún filtro.

Por su parte, el trabajo de los estudiantes, aunque no es procesado, se almacena teniendo en cuenta los usuarios, como en cualquier editor colaborativo, de modo que esa información pueda ser más adelante mostrada.

3.9.3 Análisis de datos

Los comentarios no son analizados, pasando directamente a las pantallas de visualización. Los datos numéricos, sin embargo, sí son tratados, pero únicamente en operaciones básicas para mostrar los totales de forma gráfica.

3.9.4 Muestra de resultados

Para que tanto profesores como estudiantes puedan disponer de los resultados de retroalimentación sobre los trabajos realizados, la herramienta incorpora un visualizador. Los alumnos pueden ver los comentarios que han realizado sus compañeros y el profesor sobre su trabajo, lo cual constituye una evaluación formativa, además de gráficos (barras de la parte derecha de la Fig.3.8) que muestran la progresión de las tareas de su grupo en relación con la de otros grupos, lo que les puede servir tanto de motivación como de orientación para su trabajo.

Por su parte el docente debe poder evaluar el trabajo de cada alumno conociendo en qué medida y cómo ha colaborado cada alumno en el trabajo final del grupo. Con una herramienta de visualización como la de la Fig.3.10 puede reducir el esfuerzo y el tiempo de evaluar tanto a los alumnos individuales como a los grupos. Las contribuciones de cada alumno se presentan en un color, con lo que el profesor puede moverse en el texto comprobando lo que ha hecho cada alumno. En la Fig.3.10 se distinguen las contribuciones de dos alumnos, remarcadas en verde y azul.

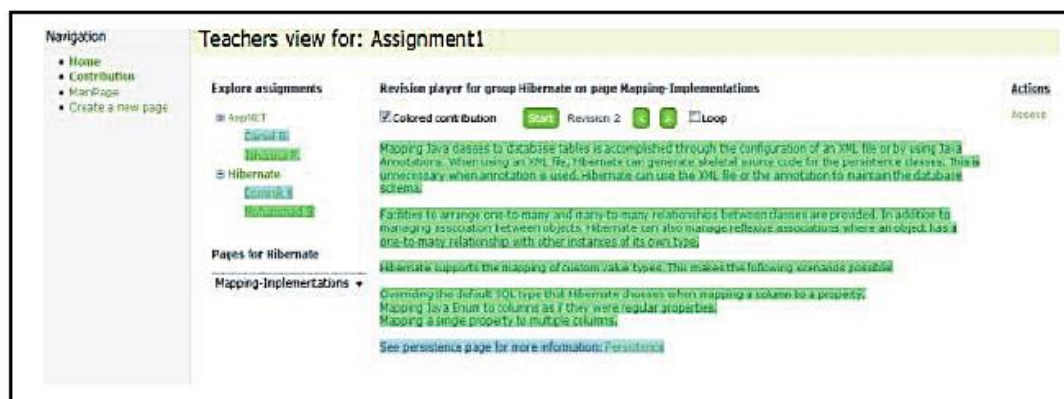


Figura 3.10 Revisiones basadas en los colores de cada alumno.

Los profesores participantes en la experiencia están satisfechos con los resultados obtenidos. Aseguran que la autoevaluación les ha permitido a los alumnos ser conscientes de la evaluación que luego realizaban sobre el trabajo de sus compañeros y de otros grupos, que la revisión por pares les ha ayudado a mejorar sus contribuciones y que la utilización de rúbricas ha proporcionado una evaluación efectiva.

3.10 CBVR

De entre los problemas inherentes a la evaluación en [LSP+14] destacan dos: la necesidad de un tiempo excesivo y la subjetividad, sobre todo en aquellas disciplinas en que intervienen factores de percepción. Esto sucede por ejemplo en el campo de los gráficos por ordenador, por lo que proponen una herramienta de evaluación automática para solucionarlo, concretamente en el campo de los gráficos animados en 3D, ya que en una revisión de la literatura consideran que hay pocas herramientas de este estilo o son desarrollos parciales.

La herramienta desarrollada sustituye la evaluación del trabajo de los alumnos en un curso de animación virtual por parte del profesor. Las pruebas sobre 130 animaciones demuestran gran coherencia entre la evaluación manual y la llevada a cabo por la herramienta.

3.10.1 Captura de datos

La asignatura para la cual se desarrolla la herramienta de evaluación pertenece a un curso de animación virtual de la Universidad Politécnica de Torino, dentro del plan de estudios de Diseño y Comunicación Visual. El objetivo del curso es proporcionar a los estudiantes las competencias necesarias para la representación de las características de productos en el diseño, fabricación, montaje y funcionamiento, para el estudio de escenarios de uso y aspectos ergonómicos y para el análisis de restricciones dinámicas en partes mecánicas.

Los estudiantes deben trabajar en grupo y desarrollar conceptos de productos, proporcionando una representación gráfica para ellos usando técnicas de animación en 3D. Cada grupo debe desarrollar dos animaciones, una más técnica adaptada, por ejemplo, a un catálogo digital, y otra más concreta que muestre el grado de usabilidad en condiciones reales. Aquí es donde nace la necesidad de la herramienta debido al grado de subjetividad que acompaña a la evaluación. Por otra parte, para determinar las aportaciones individuales en el trabajo grupal deben realizarse preguntas a medida sobre el contenido de los trabajos realizados. En este trabajo los autores se centran en la evaluación individual.

Durante las sesiones de evaluación de laboratorio los estudiantes deben crear con el software “Blender” una animación en 3D similar a una de referencia, como por ejemplo la lámpara de la Fig.3.11. Los alumnos se descargan para ello un “paquete integrado” que incluye varios videos que muestran una animación 3D de entre 10 a 15 segundos desde las vistas frontal, lateral, superior y desde el punto de vista del usuario, además de un archivo “Blender” con todos los objetos usados en la animación.

El resultado es evaluado con la ayuda de un conjunto de indicadores elegidos para tener en cuenta las características técnicas y factores de percepción que utilizaría un profesor en su evaluación.

Para el desarrollo de la herramienta se tienen en cuenta una serie de requisitos como son: que la evaluación se desarrolla con la misma herramienta con la que se practica, debe permitir la evaluación de un conjunto preciso de técnicas de animación básicas, debe centrarse también en indicadores cualitativos y no solo cuantitativos y debe ser evaluado de forma automática que genere retroalimentación.

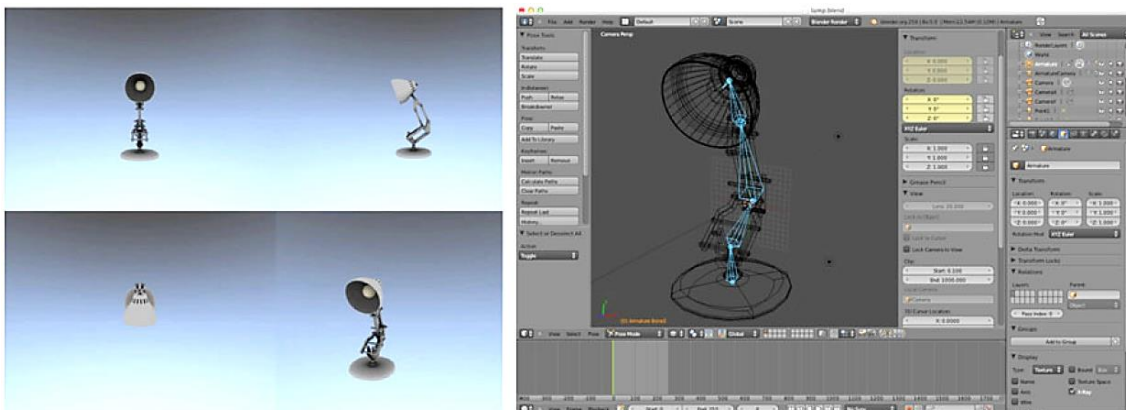


Figura 3.11 Contenido de la información que se proporciona al alumno para la evaluación.

3.10.2 Preprocesador de datos

Tras un tiempo razonable (de una media hora a una hora según la complejidad de la animación de referencia) los estudiantes entregan su trabajo. La herramienta de evaluación ha sido diseñada para extraer la información relevante a partir de los archivos de origen presentados y de forma automática calcular una puntuación de similitud en una escala 1-16.

A continuación la herramienta debe normalizar los valores de posición global, desplazamiento, velocidad y aceleración, para poderlos comparar con la animación de referencia. Esta normalización debe adaptarse a cada modelo concreto utilizado.

3.10.3 Análisis de datos

Para llevar a cabo la evaluación como lo haría un profesor se realiza un análisis de regresión lineal sobre las puntuaciones asignadas por varios profesores, de modo que se consigue una fórmula que imita el comportamiento humano. Cada alumno dispone de una calificación global así como de los valores de cada indicador.

Para la asignación de puntuación a cada indicador se utilizan rúbricas que consideran diferentes aspectos como el número de objetos de la solución, la exactitud de su geometría, las capas utilizadas, etc. No obstante, como el objetivo de los estudiantes en el examen de laboratorio es reproducir una animación lo más parecida posible a la del archivo de referencia, la evaluación mide dicha similitud y no la calidad del trabajo del estudiante de acuerdo con criterios absolutos.

Por lo tanto, un buen análisis depende de la correcta identificación de los indicadores que mejor se aproximen al concepto de similitud en términos de percepción humana a la vez que limita los factores subjetivos. Una vez identificados se requiere contrastarlos con evaluaciones manuales para ajustar su idoneidad, ya que, por ejemplo, pequeños errores en las posiciones y orientaciones en cada fotograma, que podría ser difícil de percibir para un profesor, son captados y acumulados por la métrica automatizada y podría conducir a una puntuación de muy baja similitud entre objetos.

3.10.4 Muestra de resultados

Como resultado de la evaluación los estudiantes reciben dos tipos de retroalimentación individual: la puntuación total y la puntuación de cada indicador. Si bien esta última puntuación puede ayudar al alumno a centrar su trabajo en conceptos determinados, puede considerarse que sigue siendo una evaluación sumativa, ya que no ayuda al estudiante a encontrar los errores o conocer el porqué de esa puntuación.

Una de las razones de que esto sea así es que se evalúa el producto final y no el proceso ni las técnicas utilizadas, pudiendo darse el caso de que el estudiante realice una simulación muy similar a la de referencia mediante un método diferente al solicitado por el profesor y que otro siga el procedimiento adecuado pero el resultado no sea óptimo.

Los autores consideran que aunque la herramienta se utiliza para la evaluación de habilidades básicas de animación, la metodología es fácilmente extendible a otros resultados de aprendizaje e incluso a su utilización con otras herramientas de animación además de la que ellos utilizan, Blender.

3.11 SDLDS

En [SND12] se describe uno de los módulos que componen el sistema SDLDS (Software System for Digital Logic Design and Simulation), el denominado Módulo de Verificación, para la verificación y evaluación automática del trabajo de los alumnos en el diseño de lógica digital. En el sistema existe otro módulo de síntesis y otro de simulación. El módulo de síntesis y el módulo de simulación permiten a los estudiantes prepararse para el examen de diseño de lógica digital, ya que permiten verificar cada paso del proceso dibujando y simulando el propio diseño. Posteriormente, el módulo de verificación permite al docente evaluar el trabajo de los estudiantes.

3.11.1 Captura de datos

El sistema ha sido desarrollado en la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Belgrado y es utilizado en un curso que está disponible para estudiantes de todos los programas de estudio tales como Ingeniería Informática, Comunicaciones, Electrónica, Señales y Sistemas, etc. ya que los conceptos que trabaja son básicos en las carreras técnicas: teoría digital y análisis y síntesis de circuitos digitales, tanto combinacionales como secuenciales.

El sistema SDLDS pretende conseguir dos objetivos: permitir a los estudiantes dominar las competencias prácticas tanto en el laboratorio como desde un acceso remoto y ayudar a los profesores a automatizar el proceso de evaluación y verificación del trabajo de los estudiantes.

Para ello tiene una estructura organizada en tres módulos integrados en el sistema: el de síntesis, el de simulación y el de verificación (Fig.3.12).

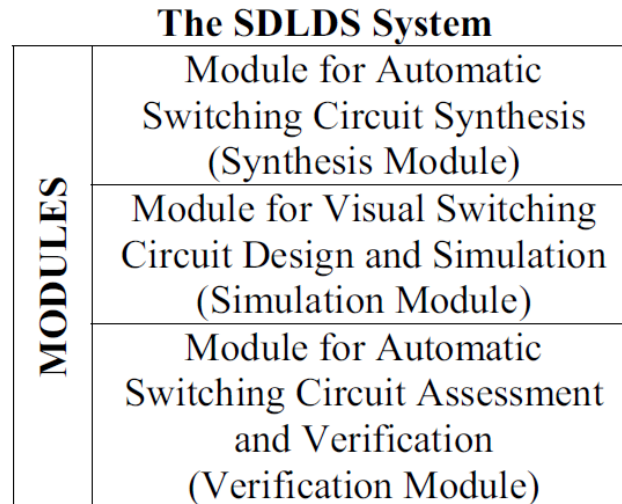


Figura 3.12 Estructura del sistema SDLDS.

3.11.2 Preprocesador de datos

Para que los módulos de síntesis, diseño y verificación puedan comunicarse adecuadamente y trabajar con los datos generados en otro módulo, dichos datos deben ser procesados a partir del modo en que los introduce el usuario al sistema y codificados de alguna manera que permita luego reproducirlos en otro módulo. No obstante, los autores no hacen referencia al modo en cómo se almacenan ni procesan dichos datos.

3.11.3 Análisis de datos

El Módulo de Verificación permite a los usuarios verificar y evaluar la corrección de un circuito tras su realización. Para ello utiliza el resultado realizado por el profesor con ayuda del Módulo de Síntesis, que considera correcto, y el proporcionado por el Módulo de Simulación, compara ambos resultados, asigna puntos en base a un algoritmo de evaluación y presenta los resultados. Así, este módulo está dirigido a los profesores, para proporcionarles una evaluación automática del trabajo de los estudiantes.

La comparación se hace en primer término comprobando que las funciones dan los mismos resultados para todos los valores de las variables de entrada. No obstante, puede suceder que dos funciones den los mismos resultados pero una de ellas no sea óptima por utilizar más componentes de los necesarios. Por eso, además de comprobar la igualdad, se aplica una fórmula para asignar la puntuación en base al número de componentes utilizados y a los necesarios.

Además, en el caso de que dos funciones no den los mismos resultados, el módulo determina si la solución es parcialmente correcta o completamente incorrecta.

3.11.4 Muestra de resultados

Aunque la evaluación final la realiza el profesor mediante el Módulo de Verificación, los alumnos tienen una retroalimentación continua de lo que hacen mientras utilizan los otros módulos. Por ejemplo, una vez que realizan el circuito en el Módulo de Síntesis pueden comprobar la solución en una pantalla como la de la Fig.3.13.

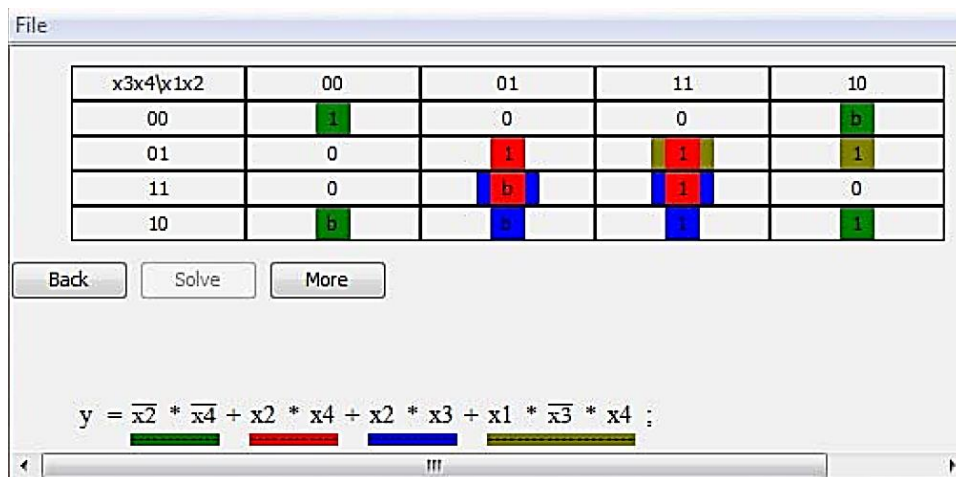


Figura 3.13 Ejemplo de solución del Módulo de Síntesis.

También el Módulo de simulación les permite evaluar su ejercicio previo a la presentación, una vez montado el circuito correspondiente a la función (Fig.3.14).

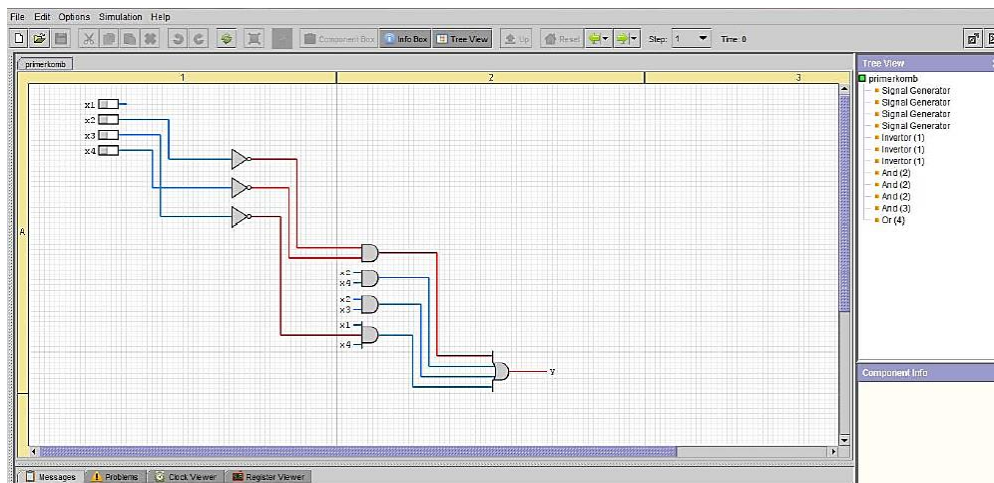


Figura 3.14 Ejemplo del Módulo Simulación.

El Módulo de Verificación lo utiliza en exclusiva el profesor y los resultados que obtiene de un ejercicio concreto realizado por un estudiante pueden observarse en la Fig.3.15.

x1	x2	x3	x4	y	y
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	1
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	1

$y = \bar{x1} * x2 + x1 * \bar{x2}$;
 $y = x1 * \bar{x2} + x3 * x4$;
 Min. Number of Elements: 5;
 Number of Elements: 4;
Total Points: 16.875

Figura 3.15 Ejemplo del Módulo de Verificación.

3.12 F3A

En [CLC+14] se presenta un nuevo campo de evaluación, el de la certificación de competencias tecnológicas, y se parte de que para atender a la fuerte demanda de este tipo de evaluación se hace indispensable el uso de herramientas automáticas.

Las competencias tecnológicas son aquellas capacidades de manejo eficiente de un sistema operativo, un procesador de textos, una hoja de cálculo, un navegador web y un software de correo electrónico entre otros. Tanto centros educativos, como empresas o instituciones públicas necesitan evaluar de dichas competencias a un gran número de personas a través de gran cantidad de exámenes prácticos. Esto hace que la evaluación manual sea compleja y no operativa, lo que lleva a diseñar herramientas de evaluación automatizadas con el fin de reducir costes y tiempo. Además, se evita la subjetividad y los errores que pueden darse en la evaluación humana.

Por otra parte, para que la evaluación sea lo más eficiente posible, debe evaluar las competencias tecnológicas en un entorno real o en uno simulado, que permita de verdad poner en práctica dichas competencias, y no como exámenes de respuesta fija. Y debe proporcionar información tanto al estudiante como al profesor, y no sólo una calificación. Todas estas características se han tenido en cuenta para desarrollar F3A (Fully Automatic Assessment Approach).

3.12.1 Captura de datos

La herramienta desarrollada realiza una evaluación automática de competencias relacionadas con los procesadores de texto usando el programa Microsoft Office Word. Su validación se ha realizado en un examen real con un centenar de estudiantes, demostrando los resultados la exactitud y la idoneidad de esta solución para la evaluación de las habilidades tecnológicas.

En la Fig.3.16 se presenta la arquitectura de F3A. Las entradas al sistema son el documento del alumno y el documento del profesor, que al considerarse el correcto contiene implícitamente las competencias evaluadas y los criterios de calificación. El profesor introduce los exámenes, los criterios

de evaluación y la retroalimentación asociada desde una interfaz fácil de usar y creada específicamente para la herramienta. Dicha interfaz no requiere tareas extra por parte del docente ni necesita saber programar ni conocer la configuración de los archivos XML con los que se trabaja.

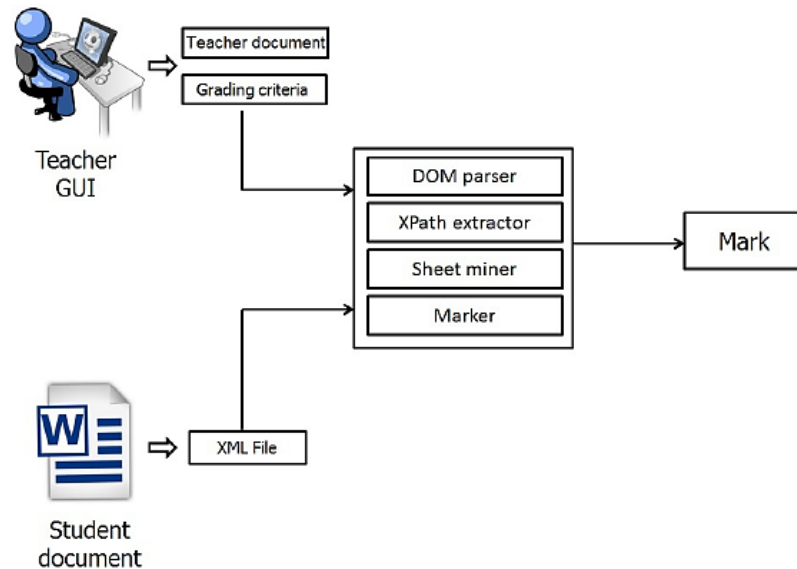


Figura 3.16 Arquitectura de F3A.

3.12.2 Preprocesador de datos

El primer paso de la evaluación es el procesamiento de los datos de entrada, el documento del estudiante y el del profesor, a una representación intermedia utilizando el formato XML y transformando así los documentos en estructuras en árbol XML. Algunos datos pueden ser eliminados para obtener árboles XML más legibles si no guardan relación con las competencias requeridas. La estructura en árbol se construye con la API (Application Programmer Interface) DOM (Document Object Model), de ahí el nombre del primer módulo de la aplicación.

3.12.3 Análisis de datos

Tras la limpieza de los datos y su transformación a estructura en árbol, se utiliza un módulo que analiza dicho árbol mediante el lenguaje XPath. Para ello procesa los valores del fichero XML del alumno que cumplen con el

modelo de datos, es decir, con el fichero del profesor. Cada competencia se describe mediante una expresión XPath.

Con el fin de asignar una calificación se miden similitudes entre las competencias encontradas en el árbol XML del alumno y aquellas extraídas del documento del profesor.

3.12.4 Muestra de resultados

De acuerdo con los resultados de medición de similitud proporcionados por el paso anterior se asigna un grado de acreditación a cada una de las competencias, siguiendo los criterios de evaluación previamente definidos por el profesor como segunda entrada al sistema.

En la versión detallada por los autores no se proporciona retroalimentación a los alumnos, aunque creen que bastaría con modificar la interfaz para que desde ahí se pudiera agregar retroalimentación personalizada.

Consideran también que el mismo enfoque seguido para la competencia de procesamiento de texto puede seguirse para otras competencias e incluso en otros dominios que no tienen que ver con la evaluación de competencias tecnológicas, siempre y cuando las respuestas del alumno sean recogidas en formato XML.

3.13 JAVAOPTICS

En muchos casos, como el que se presenta en [CMC+10], materiales educativos inicialmente pensados como un complemento de determinadas asignaturas deben replantearse para adaptarse a los nuevos retos derivados de las propuestas en el EEES (Espacio Europeo de Educación Superior), donde el auto-aprendizaje y la evaluación adquieren una especial relevancia.

Cuanta más autonomía y más participe se le hace al alumno de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje, más complejo resulta para el profesor el seguimiento y la evaluación del trabajo de los estudiantes. Para dar respuesta a este problema, los autores proponen registrar automáticamente la actividad del estudiante mientras éste interacciona con los programas, para obtener resultados a partir del procesamiento de dicha información.

3.13.1 Captura de datos

La experiencia se desarrolla dentro de la Universitat de Barcelona, para el aprendizaje de la Óptica en el marco de la enseñanza de la Física. Para ello han desarrollado una serie de materiales agrupados en un curso en una página web (Fig.3.17), denominado en un principio Curso de Óptica en Java y ahora "JOptics Curso de Óptica".

Dentro de este curso se ha diseñado una aplicación que simula el proceso por el cual una partícula dieléctrica en suspensión es atrapada cuando incide sobre ella un haz láser focalizado por un objetivo de microscopio o lo que se conoce como trampa óptica.

JOptics Curso de Óptica

Català | Castellano | English

JOptics

Inicio (Aplicaciones)

Presentación

Apuntes de Teoría

Ejercicios

Guía para Secundaria

Recursos

Actividades del grupo

Requisitos Técnicos

Novedades

Créditos

Para más información:

Grupo de Innovación
Docente en Óptica Física y
Fotónica
Departamento de Física
Aplicada y Óptica
Universitat de Barcelona

Martí i Franqués 1
08028 Barcelona
Teléfono: 93 402 11 43
Fax: 93 403 92 19
E-mail: optics (at) ub.edu

Última actualización:
Septiembre de 2010

UNIVERSITAT DE BARCELONA

JOptics Curso de Óptica

JOptics es un conjunto de recursos docentes dirigidos al aprendizaje de la Óptica Física a nivel universitario en el marco de la licenciatura de Física o la titulación en Óptica y Optometría. Una parte de estos materiales puede ser utilizada por estudiantes y profesores de bachillerato para ilustrar y ampliar diversos aspectos del currículum de Física de este nivel educativo. Los recursos pueden ser utilizados tanto como un material de refuerzo en un curso presencial ordinario o como herramienta básica de trabajo en un curso semipresencial a través de Internet.

JOptics ha sido recientemente galardonado con el premio [MERLOT Classics Awards 2010 en el apartado de Física](#)

Nuevo programa: Pinzas Ópticas.

¿Puede un láser altamente focalizado atrapar una pequeña esfera dieléctrica? Este programa muestra como funcionan las pinzas ópticas; permite modificar los parámetros experimentales de manera que se puede estudiar como cambian las características de la trampa.

[Hacer Clic en el Icono para descargar el programa](#)
[Aquí para acceder a la documentación \(en inglés\)](#)
[Aquí para acceder al código \(Google Code\)](#)

Cómo descargar y ejecutar las aplicaciones

Hay tres maneras de descargar y ejecutar los programas:

1. **Ejecutar los applets en el navegador.** Atención: al cerrar el navegador la aplicación desaparecerá.
2. **Descargar la aplicación permanentemente en el ordenador.** Se utiliza Java Web Start. El applet se puede utilizar siempre, incluso cuando no se está conectado a Internet.
3. **Descargar Launcher.** Launcher es un programa escrito en Java que forma parte de la librería OSP y que se utiliza para descargar diversas aplicaciones de una sola vez. Se descarga un único archivo ejecutable de extensión '.jar' que incluye todas las simulaciones disponibles

Ejecutar los applets en el navegador.

Hacer clic en los iconos para ejecutar la aplicación en una ventana del navegador.

Figura 3.17 Pantalla principal de la aplicación (www.ub.edu/javaoptics).

Según los alumnos trabajan con la aplicación se genera un fichero de trazas con información exhaustiva de la interacción realizada: secciones visitadas, selecciones realizadas, objetos pulsados, valores introducidos, gráficos

generados, resultados de variables, estado del sistema, tiempo requerido entre acciones, etc. y dicho fichero es guardado localmente en formato XML. En la Fig.3.18 se muestra como ejemplo el fichero generado por el programa de “pinzas ópticas”.

```

<event application="Tweezers-applet" action="Applet started" user="xavi"
session="2009_07_06-15_39_42" time="1246887592241" number="1">
  <param name="power" value="0.049499999999999995"/>
  <param name="Wavelength" value="5.5E-7"/>
  <param name="N1" value="1.33"/>
  <param name="N2" value="1.58"/>
  <param name="NA" value="1.3"/>
  <param name="w0" value="5.318223636055334E-7"/>
  <param name="R" value="5.0E-6"/>
  <param name="Viscosity" value="6.000000000000001E-4"/>
  <param name="Temperature" value="320.0"/>
  <param name="Regime" value="0.0"/>
  <param name="Pupil2waist" value="1.0"/>
  <param name="Zoom" value="0.6"/>
  <param name="Dt" value="1.0E-4"/>
  <param name="K (Stiffness)" value="0.0"/>
</event>
<event application="Tweezers-applet" action="Power changed"
user="xavi" session="2009_07_06-15_39_42" time="1246887631617" number="2">
  <param name="Power (mW)" value="0.051519999999999996"/>
</event>
<event application="Tweezers-applet" action="Change in Wavelength"
user="xavi" session="2009_07_06-15_39_42" time="1246887649570" number="3">
  <param name="Wavelength (nm)" value="5.550000000000001E-7"/>
</event>

```

Figura 3.18 Ejemplo de traza generada por el programa de “pinzas ópticas”.

El objetivo es que este archivo de registro de acciones contenga información suficiente para reproducir significativamente el proceso de interacción del alumno con la aplicación, de forma que puedan inferirse de dichos datos informaciones relevantes para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

3.13.2 Preprocesador de datos

El almacenar los datos en formato XML tiene la ventaja de que la información contenida en el fichero puede ser procesada de forma sencilla previo paso a los algoritmos de análisis, para seleccionar los datos relevantes dentro de toda la información recogida dependiendo del objetivo a conseguir.

3.13.3 Análisis de datos

La aplicación ha sido desarrollada de modo que ya incorpora el análisis de trazas en su diseño original, no es un programa aparte, por lo que los

estudiantes trabajan normalmente. Además, aunque su utilización no se modifica en nada, son conscientes de que sus interacciones están siendo recogidas ya que son ellos mismos los que tienen que habilitar la opción, deshabilitada por defecto.

A partir del análisis de las trazas recogidas es posible reconstruir el proceso llevado a cabo, e inferir resultados o información relevante sobre las dificultades encontradas o errores cometidos por parte de los alumnos.

3.13.4 Muestra de resultados

Una vez analizadas las trazas se genera un informe a modo de resumen que puede ser consultado por profesores y alumnos si así interesa. El programa que elabora el informe puede ser ejecutado en un ordenador local o bien en un servidor web tras haber subido el archivo de trazas a procesar. En la Fig.3.19 se muestra un ejemplo de informe, con datos como el número y tipo de simulaciones realizadas en una sesión, los datos utilizados en cada simulación, el número de objetos con los que se ha interactuado o el tiempo invertido.

```
"Basic report on the xml file"
-----
"nodeCounts.param", 70
"nodeCounts.event", 30
"nodeCounts.log", 1
"nodeCounts.description", 1
"attributes.event.application", 30
"attributes.event.action", 30
"attributes.event.user", 30
"attributes.event.session", 30
"attributes.event.time", 30
"attributes.event.time_ms", 1
"attributes.event.number", 30
"attributes.param.name", 70
"attributes.param.value", 70

"Basic report on student activity"
-----
"Number of Calibrations", 1
"Number of Animations" ,2

"Calibrations"
-----
"Parameters at the Calibration Number", 1
  "power", 0.05959999999999999
  "Wavelength", 5.550000000000001E-7
```

Figura 3.19 Parte del informe generado a partir de la traza anterior.

3.14 GOLDi

En [WHH15] se sigue incidiendo en la importancia de las prácticas en las asignaturas, en realizarlas de modo óptimo, aunque con el consiguiente esfuerzo por parte del docente para su elaboración, mantenimiento, seguimiento y evaluación. Para apoyar al profesor en esta tarea y realizar la calificación del modo más transparente posible los autores presentan un entorno de aprendizaje y evaluación adaptable, que combina la teoría con la práctica, aplicando técnicas de LA al entorno de los laboratorios remotos.

3.14.1 Captura de datos

La Universidad Tecnológica Ilmenau utiliza para sus prácticas un laboratorio remoto llamado GOLDi (Grid of Online Laboratory Devices Ilmenau). La estructura del laboratorio permite conectar diferentes sistemas físicos a su unidad de control correspondiente, tal y como se muestra en la Fig.3.20. Entre los sistemas hay un ascensor, una cinta transportadora, un almacén y una placa educativa de demostración. Los sistemas de control para dichos sistemas son un microcontrolador, una FPGA, un intérprete de estados finitos y un control manual para sistemas físicos. Todos estos sistemas físicos y sus unidades de control se conectan a través de Internet, de modo que los estudiantes pueden practicar sus conocimientos con sistemas reales a distancia pero con la misma experiencia de usuario que si estuviesen en la universidad.

El proceso de adquisición y evaluación de datos se presenta con el ejemplo del ascensor. Si un estudiante debe implementar el control de un ascensor de cuatro plantas primero debe seleccionar tanto el sistema de control (la máquina de estados) como el experimento en sí (Fig.3.21).

Al alumno se le presenta entonces el interfaz que muestra el laboratorio remoto para ese experimento (Fig.3.22): a la izquierda aparece una simulación del ascensor, en el centro una cámara Web que enfoca al ascensor real y es mostrado al alumno en la interfaz y a la derecha el alumno puede introducir las ecuaciones booleanas para controlar el ascensor.

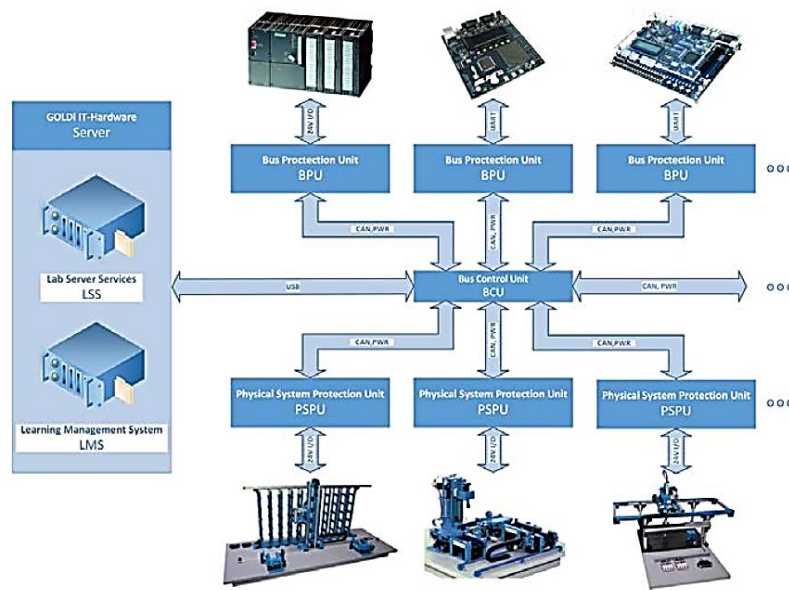


Figura 3.20 Sistemas físicos y dispositivos de control de GOLDi.

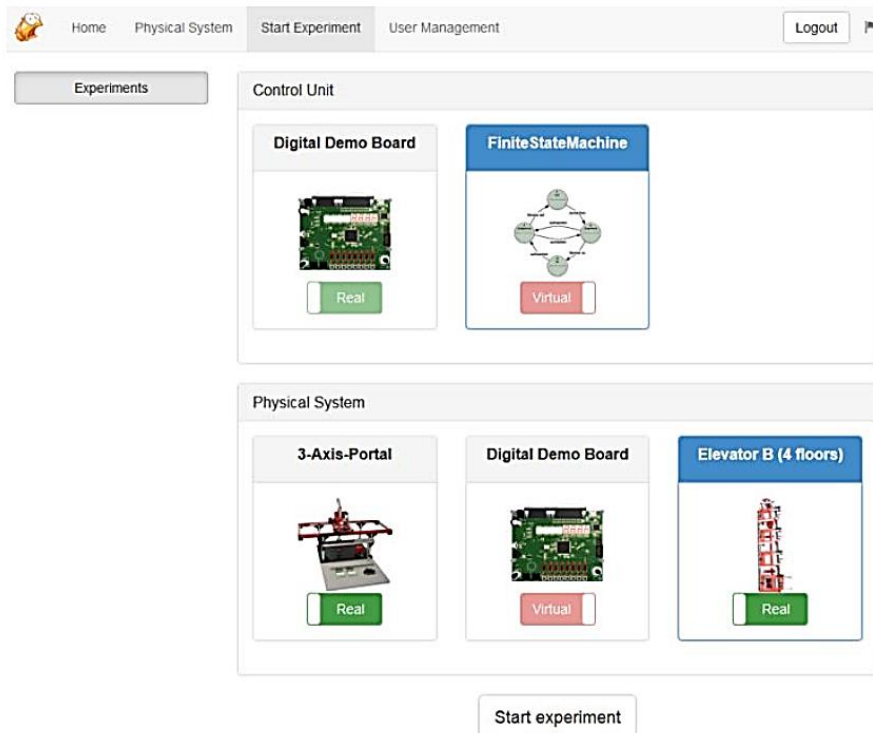


Figura 3.21 Configuración de un experimento.

Desde esta interfaz, la tarea del alumno es encontrar la máquina de estados finitos que responda a las instrucciones dadas por el profesor para el ascensor: por ejemplo, ir de la primera planta a la tercera, abrir las puertas, volverlas a cerrar e ir a la planta segunda. No obstante, puede existir más de una solución correcta, con lo que el número de posibles errores también se incrementa y tienen que estar todos predefinidos en el sistema.

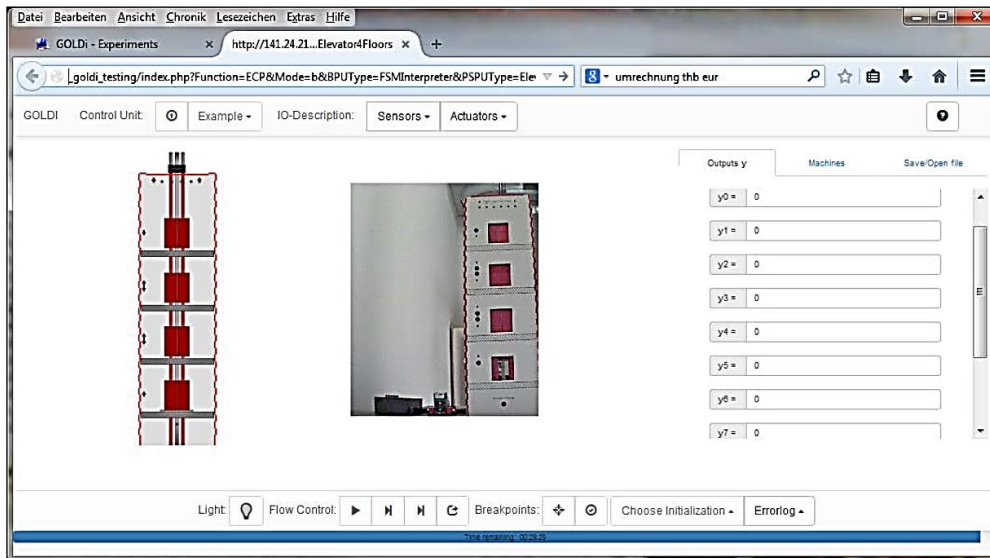


Figura 3.22 Panel de control para el ascensor.

Todos los datos introducidos por el alumno en el sistema son recogidos y almacenados en una base de datos con una estructura determinada, donde se recoge entre otros datos la identificación del usuario, la acción que ha realizado y el objeto sobre el que se ha realizado la acción. Gracias a esta estructura es sencillo ordenar por criterios como usuario o acciones realizadas, para dar la adecuada retroalimentación o conseguir la adaptación y personalización buscada.

3.14.2 Preprocesador de datos

Una vez que el alumno realiza un primer diseño y antes de pasarlo al equipo físico, el sistema realiza un primer procesamiento para verificar que lo realizado no puede dañar el sistema o a los últimos usuarios de éste, los humanos: por ejemplo, un ascensor no debe moverse con las puertas abiertas. Una vez verificado el diseño el alumno puede ejecutarlo. No obstante, aunque el diseño no contenga errores fatales puede no ser óptimo o

no realizar la tarea encomendada. El sistema informa entonces de todos estos errores tales como paradas innecesarias, puertas abiertas (no peligrosas) no pedidas, pisos incorrectos, etc. y el alumno puede interactuar con el sistema, tras lo cual puede presentar una solución, que ya es visible para el profesor.

Una vez con el diseño final realizado por el alumno, dicho diseño es enviado al profesor a través de la plataforma. A partir de este diseño es como el profesor evalúa las competencias adquiridas.

3.14.3 Análisis de datos

Tanto lo realizado durante el paso de verificación (preprocesado) como el diseño final proporcionan datos que permiten conocer el progreso del alumno. Esa información se utiliza para producir sentencias del estilo “paso correcto/incorrecto” que puedan ser analizadas.

3.14.4 Muestra de resultados

Con los datos recogidos se utiliza una herramienta de análisis de datos, WEKA, para generar información útil para el profesor como estadísticas sobre fortalezas y debilidades de alumnos concretos, grupos de alumnos o los usuarios en un determinado tema, así como para darse cuenta de fallos comunes para un conjunto de alumnos determinado.

Además, el sistema compara el diseño del alumno con una solución tipo, almacenada como una máquina de estados, donde además de la solución correcta existen posibles acciones que llevan a estados erróneos (no peligrosos) que van restando puntuación.

Aunque estos resultados representan para el estudiante una evaluación sumativa, durante la interacción con el sistema ya ha sido avisado de posibles errores de diseño o cosas a mejorar.

3.15 Resumen de los modelos analizados

Tras la explicación de las características más significativas de los modelos analizados, se presenta en la Tabla 3.5 un resumen comparativo con dichas características, normalizadas en cuanto a la denominación, y ordenadas en la fase del proceso en que se realizan. La X significa que el modelo cumple esa característica, el recuadro en gris que los autores no aportan información suficiente para deducir si existe o no o que simplemente no existe pero no es un problema. Y los recuadros en rojo son aquellos en los que una característica considerada importante según numerosos estudios y discutida en apartados anteriores, no existe en ese modelo. Como puede observarse, una de las características que se presentaban como fundamentales para que una evaluación se considerara eficaz, la retroalimentación tanto sumativa como formativa, es uno de los aspectos que falta en varios de estos modelos.

En el capítulo cuarto se describen las características de AAAS (Activities Automatic Assessment System) siguiendo el mismo esquema que el de la Tabla 3.5 para los modelos analizados: captura de datos, preprocesado de datos, análisis de datos y muestra de resultados, explicando para cada fase las características determinadas como importantes. Se realiza el mismo proceso para el diseño y para la implementación, mostrando cómo se comporta el modelo en cada fase ante un ejercicio del profesor y un ejercicio del alumno elegidos como base. Dichos ejercicios se mantienen a lo largo de todo el capítulo con el objetivo de comprender mejor el proceso y se deja para el capítulo de evaluación una muestra más extensa de casos de prueba.

Tabla 3.5 Resumen de los modelos elegidos junto a sus características principales.

	SISA-EMU	AUTOEVAL	SAW	ALICE	CBVR	SDLDS	F3A	JAVAOPTICS	GOLDi
CAPTURA DE DATOS									
Ejercicio del alumno	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ejercicio correcto del profesor	X	X	X		X	X	X		X
Rúbrica de evaluación	X	X	X	X	X	X	X		X
Mismo entorno para prueba y evaluación	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Interfaz sencilla para el docente		X		X		X	X		
PREPROCESADO DE DATOS									
Sólo se utilizan algunos datos	X	X	X		X	X	X	X	X
ANÁLISIS DE DATOS									
Corrección automática	X	X	X		X	X	X	X	X
Comparación de ciertos parámetros de la entrada	X	X	X		X	X	X		X
Métricas y/o algoritmos			X		X	X	X		X
Operaciones matemáticas y/o estadísticas				X				X	X
MUESTRA DE RESULTADOS									
Evaluación sumativa alumno		X	X	X	X				X
Evaluación sumativa profesor		X	X	X	X	X	X		X
Evaluación formativa alumno	X	X		X		X			X
Evaluación formativa profesor		X		X		X			X
Estadísticas de uso			X	X					X

Diseño e implementación del modelo propuesto

El objetivo de este capítulo es describir AAAS (Activities Automatic Assessment System), el modelo propuesto para la evaluación automática de ejercicios realizados con el laboratorio remoto VISIR y su herramienta software asociada. Para diseñar e implementar AAAS se parte de las conclusiones a las que se ha llegado una vez estudiado el contexto y el estado del arte (capítulos 2 y 3) en el que se enmarca esta tesis.

Comienza el capítulo con la descripción general de AAAS, teniendo en cuenta que el objetivo general OG es: *Diseñar, implementar y comprobar la validez del modelo propuesto, el cual permite analizar los datos recogidos durante el uso de un laboratorio remoto con el objetivo de evaluar de forma automática el aprendizaje conseguido con dicho laboratorio.*

Dentro de este apartado se describen y analizan cada una de las fases de las que consta el modelo, al igual que se hizo en los modelos descritos en el capítulo del estado del arte: captura de datos, preprocesado de datos, análisis de datos y muestra de resultados.

Para cada fase del modelo se explica en qué consiste, sus características, las restricciones y/o problemas intrínsecos, y la descripción del proceso y/o algoritmo desarrollado para darles solución. Para ello se

utiliza un mismo ejemplo para mostrar cómo se comporta el modelo a lo largo de todas las fases.

Tras la descripción del diseño del modelo se presenta su implementación, mostrando para cada una de las fases anteriores sus correspondientes módulos ya operativos en base al mismo ejemplo visto anteriormente.

La validación del modelo con los posibles grupos de casos que pueden darse se presenta en el capítulo de evaluación utilizando dicha implementación.

4.1 Descripción general del modelo propuesto

Para corroborar la hipótesis enunciada en el primer capítulo de esta tesis, H: *Es posible definir un modelo en el que se apliquen técnicas de analíticas de aprendizaje al campo de los laboratorios remotos que analice no sólo los datos de conexión sino todas las experiencias de uso, de modo que se puedan desarrollar herramientas automáticas de evaluación del aprendizaje.*, se ha desarrollado AAAS, modelo mostrado en la Fig.4.1, y una herramienta que permite validarlo para la realización de una evaluación automática de ejercicios realizados con el laboratorio remoto VISIR, a partir del análisis de trazas proporcionadas por WebLab-Deusto y la aportación de elementos adicionales.

El objetivo final de AAAS es proveer al profesor de información para la evaluación, no solo del “producto” final, sino del proceso y progreso del alumno, de las competencias superadas y de los errores cometidos. Esto permite al docente adaptar su actividad si así lo desea. Por otra parte, el estudiante también puede utilizarlo para su propia autoevaluación.

Para que sea útil y coherente con lo que se pretende se deben cumplir los siguientes requisitos:

- La adquisición de datos desde WebLab-Deusto debe ser un proceso transparente para el usuario, tanto para los profesores como para los alumnos.
- Se debe evaluar a los estudiantes con las mismas herramientas que se han utilizado para la práctica.

- La herramienta para introducir los datos de la ficha de evaluación no debe incrementar el trabajo del profesor más de lo que lo haría una ficha de evaluación en papel: en todo caso, lo contrario.
- Los resultados de la evaluación deben presentarse en un formato fácilmente entendible y trasladable al usuario interesado, esto es, tanto al profesor como al alumno.

Siguiendo estas pautas, el modelo que se propone se compone de las fases propuestas en [Eli1], que hizo a su vez una recopilación de lo propuesto por varios autores, basado en las fases de la analítica de datos convencional, pero donde los elementos que intervienen son propios y/o adaptados al área de los laboratorios remotos, con lo cual los resultados que se buscan y obtienen también son diferentes. Y eso es precisamente lo que se quiere demostrar, tal como enuncia la hipótesis H: que más allá de estadísticas y recomendaciones basadas en éstas, en el campo de los laboratorios remotos se puede analizar la información proporcionada por éstos con respecto a las actividades realizadas por los alumnos, para que dicha información pueda ser aprovechada para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Lo primero es llevar a cabo la captura o recolección de datos. Éstos, previo a su análisis, deben ser preprocesados para separar los datos útiles de los que no lo son. Es entonces cuando se realiza el análisis de dichos datos para obtener los resultados deseados y mostrarlos.

4.1.1 Captura de datos

Los datos que se utilizan para la evaluación son los ejercicios realizados con VISIR, tanto por parte del profesor como por parte del estudiante, además de la ficha de evaluación, que constituye una descripción objetiva de las competencias que el profesor espera desarrollar con dicho ejercicio (Fig.4.2). El ejercicio del profesor junto con la ficha de evaluación conforman la rúbrica del proceso.

La ficha la debe completar el profesor para cada ejercicio según los objetivos de aprendizaje buscados. Éstos dependen básicamente de la fase en la que se use (contextualización, conceptualización, experimentación activa o evaluación), del nivel o curso donde se utilicen y de la asignatura. Los indicadores y descriptores de donde elige el profesor para su realización son los ya descritos en la Fig.2.19.

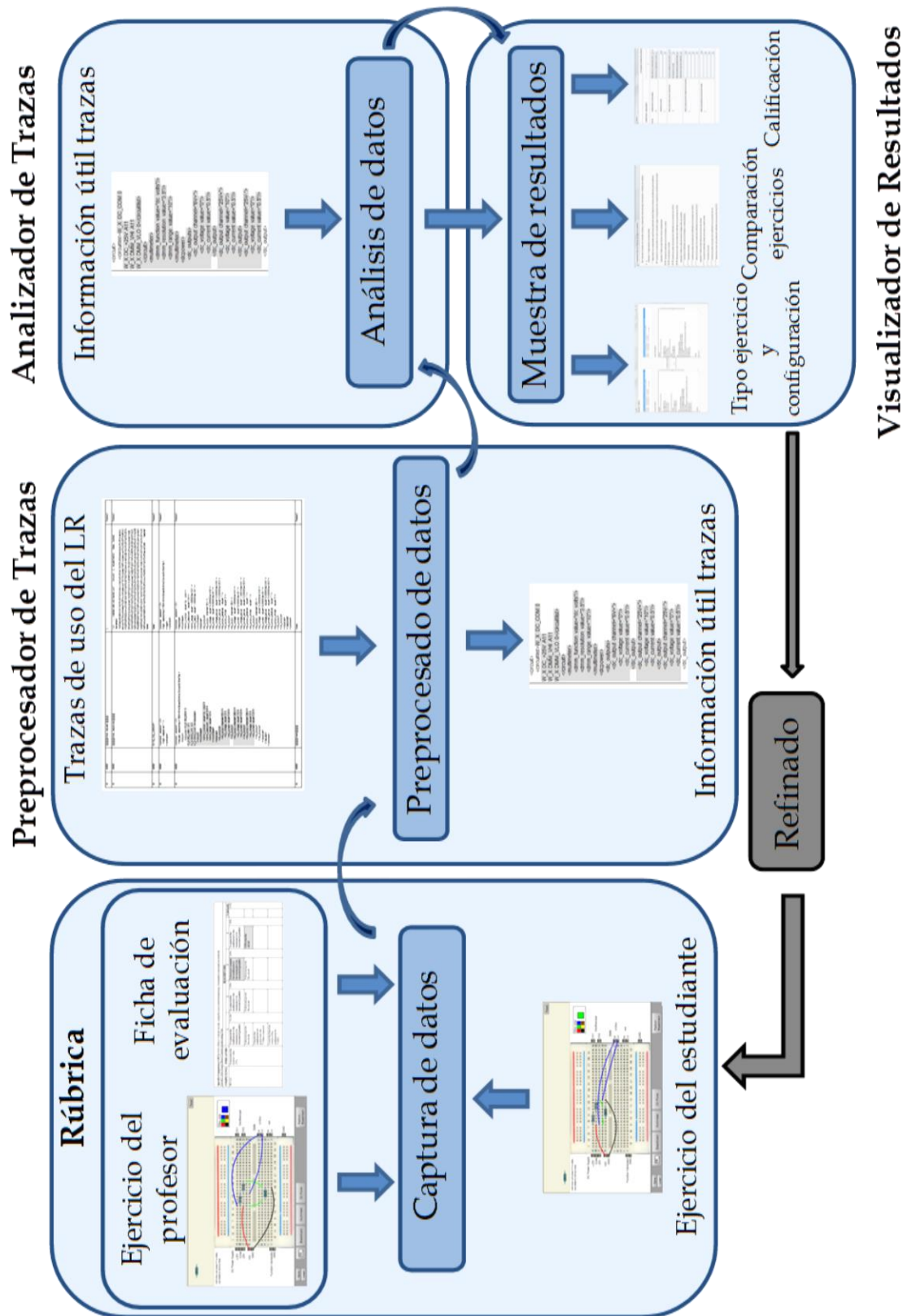


Figura 4.1 AAAS: modelo de evaluación automática propuesto.

Los ejercicios, sin embargo, son los realizados del modo habitual como actividad de VISIR, siendo transparente para el usuario su utilización.

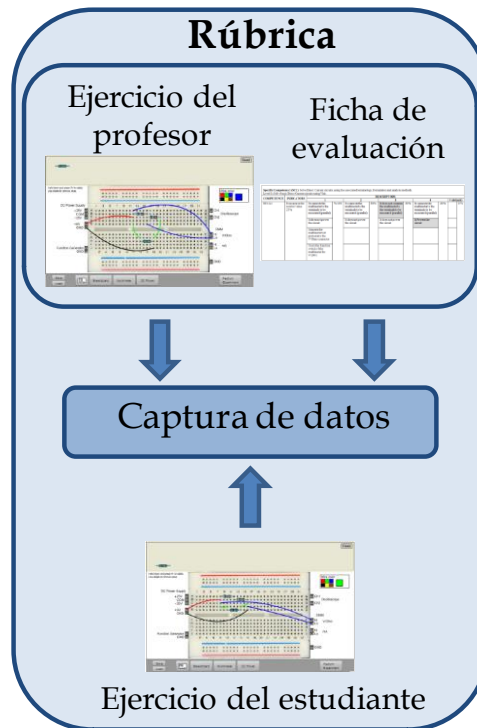


Figura 4.2 Primera fase del Modelo: captura de datos.

4.1.2 Preprocesado de datos

Cada ejercicio realizado en VISIR, tanto por parte del profesor como por parte del estudiante, ha ido dejando trazas de uso (Fig.4.3): la fecha y la hora de utilización, el usuario, el circuito realizado, los resultados obtenidos y el experimento dentro del laboratorio. Todos ellos son datos interesantes para conocer qué ha ocurrido a lo largo del tiempo. Se trata en esta fase de procesar esas trazas y ver qué datos resultan relevantes en cada situación: por ejemplo si se quiere conocer la hora de mayor utilización del laboratorio, o los días en que se producen “picos” de uso, o desde qué ubicaciones se ha accedido más veces, o, como plantea el objetivo OG de esta tesis “... analizar los datos recogidos durante el uso de un laboratorio remoto, con el objetivo de evaluar de forma automática el aprendizaje conseguido con dicho laboratorio”. Mientras que los primeros resultados hacen uso de la estadística y suelen ser datos habituales en todos los sistemas que recogen trazas de uso, el objetivo buscado requiere un análisis específico adaptado a la información proporcionada por los laboratorios remotos.

Preprocesador de Trazas

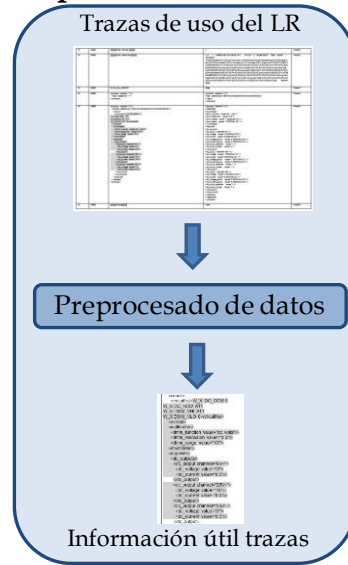


Figura 4.3 Segunda fase del Modelo: preprocesado de datos.

Esta fase se centra en identificar la información útil para su posterior análisis. Así, los datos de entrada a esta fase (Tabla superior de Fig.4.3) es un fichero con las trazas recogidas durante el uso del laboratorio remoto VISIR, parte del cual se puede observar ampliado en la Fig.4.4. Se trata de un fichero de tipo hoja de cálculo en formato “.xlsx”, donde cada columna se refiere a un tipo de datos concreto (Tabla 4.1). Según para qué se vayan a utilizar dichos datos, la información útil se encuentra en una columna u otra. En el caso de esta tesis la columna que interesa es la quinta, la E, y dentro de ésta aquellas filas en las que aparecen términos como *<circuit>* y *<multimeter>*, ya que lo que se pretende analizar es el circuito realizado por el alumno.

	A	B	C	D	E	F	
1	15	47469	2/18/2013 11:34:53	2/18/2013 11:34:53	@@@initial::request@@@	{	Fisica-1
2	15	47469	2/18/2013 11:34:53	2/18/2013 11:34:53	@@@initial::response@@@	{"url": ".../weblab/web/visir/loader.swf",	Fisica-1
3	15	47469	2/18/2013 11:34:54	2/18/2013 11:34:54	GIVE_ME_LIBRARY	failed	Fisica-1
4	15	47469	2/18/2013 11:51:50	2/18/2013 11:51:51	<protocol version="1.3">	<protocol version="1.3">	Fisica-1
					<protocol version="1.3">	<response>	
					<request	<multimeter>	
					sessionkey="069f65f146a1160c4376e9e3dc3a003b">	<dmm_function value="resistance"/>	
					<circuit>	<dmm_resolution value="3.5"/>	
					<circuitlist>W_X DMM_AHI A11	<dmm_range value="1.000000e+001"/>	
					W_X DMM_ALO A15	<dmm_result value="1.#QNAN0e+000"/>	
					R_X A11 A15 1k	</multimeter>	
					R_X A11 A15 1k</circuitlist>	<functiongenerator>	
					</circuit>	<fg_waveform value="sine"/>	
					<multimeter>	<fg_amplitude value="5.000000e-001"/>	
					<dmm_function value="resistance"/>	<fg_frequency value="1.000000e+003"/>	
					<dmm_resolution value="3.5"/>	<fg_offset value="0.000000e+000"/>	
					<dmm_range value="10"/>	<fg_startphase value="0.000000e+000"/>	
					</multimeter>	<fg_triggermode value="continuous"/>	
					<functiongenerator>	<fg_triggersource value="immediate"/>	
					<fg_waveform value="sine"/>	<fg_burstcount value="0"/>	

Figura 4.4 Parte del fichero con los datos recogidos de la actividad realizada.

Tabla 4.1 Explicación de los datos recogidos en el fichero de trazas.

COLUMNA	SIGNIFICADO
A	Usuario: por defecto aparece el nombre de usuario del sistema, pero para el ejemplo se han utilizado datos anonimizados: de ahí que aparezca un número. El fichero puede contener datos de uso de uno o varios usuarios según se haya establecido el filtro al descargar los datos del laboratorio remoto.
B	Número de proceso: el laboratorio asigna un número a cada una de las peticiones de medida realizadas por los usuarios. El fichero puede contener datos de uso de uno o varios procesos según se haya establecido el filtro al descargar los datos del laboratorio remoto. Cada uno de estos procesos constituye un ejercicio, por lo que hay varias filas con un mismo número de proceso (circuito y datos adicionales).
C	Fecha y hora en que se envía información al laboratorio remoto. El fichero puede contener datos de uso de uno o varios días según se haya establecido el filtro al descargar los datos del laboratorio remoto.
D	Fecha y hora en que se recibe información del laboratorio remoto.
E	Datos enviados al laboratorio remoto. Entre esos datos se encuentra el circuito realizado.
F	Datos recibidos del laboratorio remoto. Entre esos datos se encuentran los resultados de mediciones realizadas sobre el circuito montado.
G	Experimento, de entre los que ofrece el laboratorio remoto VISIR, donde se está realizando la actividad.

No obstante, dentro de la celda seleccionada (en el ejemplo la intersección de la fila 5 y la columna E) tampoco toda la información es necesaria para analizar el ejercicio realizado. En la Fig.4.5 están resaltados los datos importantes, que se encuentran entre los términos `<circuit>` y `</multimeter>`, y entre `<dcpower>` y `</dcpower>`. El resto son datos que no se utilizan en los circuitos de corriente continua que en estos momentos se están analizando, sino que formarían parte de circuitos de corriente alterna que podrían ser analizados de modo similar y que no forman parte del juego de ensayo de este trabajo de investigación.

Los ejercicios de profesor y estudiante siguen la misma estructura, por lo que el proceso seguido para identificar los datos relevantes es idéntico aunque luego el tratamiento sea distinto.

4.1.3 Análisis de datos

Una vez que se dispone de los datos necesarios, se procede a analizarlos para determinar la coincidencia o no de los ejercicios realizados por el profesor y por el estudiante (Fig.4.6).



Figura 4.6 Tercera fase del Modelo: análisis de datos.

Para ello se realizan dos clases de análisis: el primero para conocer el tipo de montaje realizado por el estudiante y por el profesor, y el segundo para, según los tipos obtenidos, comparar los dos ejercicios adecuadamente.

4.1.3.1 Análisis del tipo de ejercicio

Para el primer análisis se deben tener en cuenta las partes de que puede constar un ejercicio: montaje del circuito en la *BreadBoard*, conexión y configuración de la fuente de alimentación, y conexión y configuración del multímetro. En la Fig.4.7 pueden verse las tres zonas de conexión a utilizar según el ejercicio.

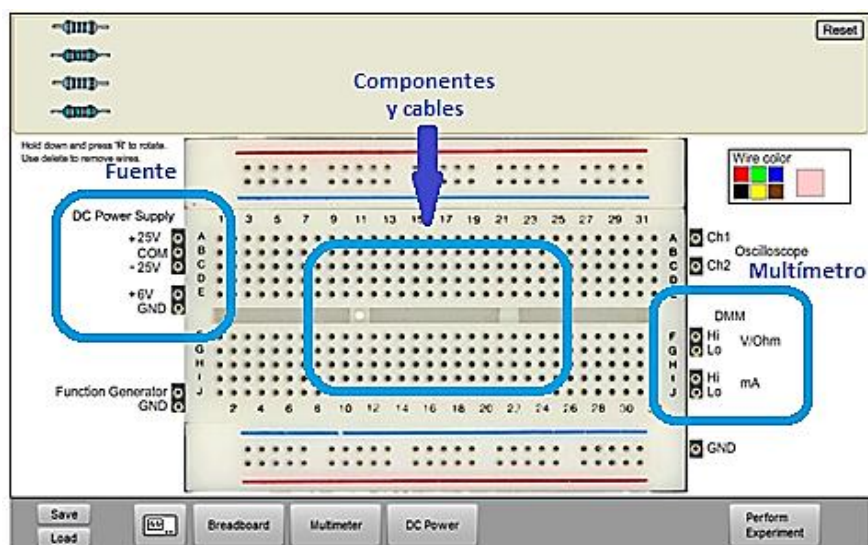


Figura 4.7 Tres zonas de conexiones posibles en un circuito.

Los posibles valores de configuración del multímetro y de la fuente de alimentación son pocos y bien definidos, como puede apreciarse en la Tabla 4.2. Estos valores forman parte de la información útil seleccionada de las trazas en la fase de preprocesado de datos (Fig.4.5).

Tabla 4.2 Posibles valores de configuración del multímetro y de la fuente de alimentación.

VALORES DE CONFIGURACIÓN DEL MULTÍMETRO Y DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN	EXPLICACIÓN DE LOS VALORES
<code><dmm_function value="resistance"/></code> <code><dmm_function value="dc volts"/></code> <code><dmm_function value="ac volts"/></code> <code><dmm_function value="dc current"/></code> <code><dmm_function value="ac current"/></code>	<p>Los valores posibles para el multímetro son: <i>resistance</i>, <i>dc volts</i>, <i>ac volts</i>, <i>dc current</i> y <i>ac current</i>.</p> <p>La resolución (<code><dmm_resolution value="3.5"/></code>) y el rango (<code><dmm_range value="10"/></code>) tienen valores por defecto.</p>
<code><dc_voltage value="X"/></code>	<p>Para cada una de las tres fuentes (6V+, 25V+ y 25V-), X será un valor válido según su límite mínimo y máximo (en el ejemplo "0").</p> <p>La intensidad (<code><dc_current value="0.5"/></code>) tiene un valor por defecto.</p>

Además, previo a deducir el tipo de ejercicio que se ha montado, se deben conocer los componentes que se han utilizado y determinar las conexiones existentes entre ellos. No obstante, aunque los elementos son finitos a la hora de realizar un montaje, la combinación de dichos elementos puede ser compleja, e incluso ya se vio que dos circuitos análogos pueden parecer diferentes a simple vista y, por lo mismo, son difíciles de analizar.

Se hace así necesario un algoritmo previo de análisis que permita realizar la identificación de la configuración de un circuito sea cual sea su complejidad. Este algoritmo dota al modelo de libertad en cuanto a los ejercicios a realizar, en contraposición a modelos que sólo permiten respuestas o ejercicios acotados, pero sin perder por este motivo la propiedad principal de realizar una evaluación automática.

El funcionamiento del algoritmo se basa en las siguientes premisas, que son las mismas que se seguirían en una corrección manual:

- Hay que recorrer todos los componentes del circuito para ver la relación entre ellos y cada componente sólo debe tratarse una vez.
- El comienzo del recorrido lo marca la existencia de la fuente de alimentación y cualquiera de los componentes conectados al terminal positivo de la fuente puede tomarse como primer componente del circuito. En el caso de no existir fuente de alimentación el primer componente será uno de los situados más a la izquierda en la *Breadboard*.
- Las relaciones entre componentes se estructuran en Zonas, que son conjuntos de componentes conectados en paralelo o en serie.
- Dos componentes o Zonas se consideran en serie cuando comparten un solo terminal y no hay más componentes conectados a dicho terminal.
- Dos componentes o Zonas se consideran en paralelo cuando comparten los dos terminales.
- Dos terminales están conectados si su valor de posición en la *BreadBoard* es el mismo o si existe un cable que los conecta.

Así, el algoritmo actúa como una persona cuando quiere simplificar un circuito para aplicar la Ley de Ohm: forma agrupaciones simples de componentes en serie y paralelo (las llamadas Zonas), y cuando todos los componentes pertenecen a una Zona, se determina la relación de unas Zonas

con otras. En la Fig.4.8 se muestran dos ejemplos de circuito y la división en zonas que realiza el algoritmo.

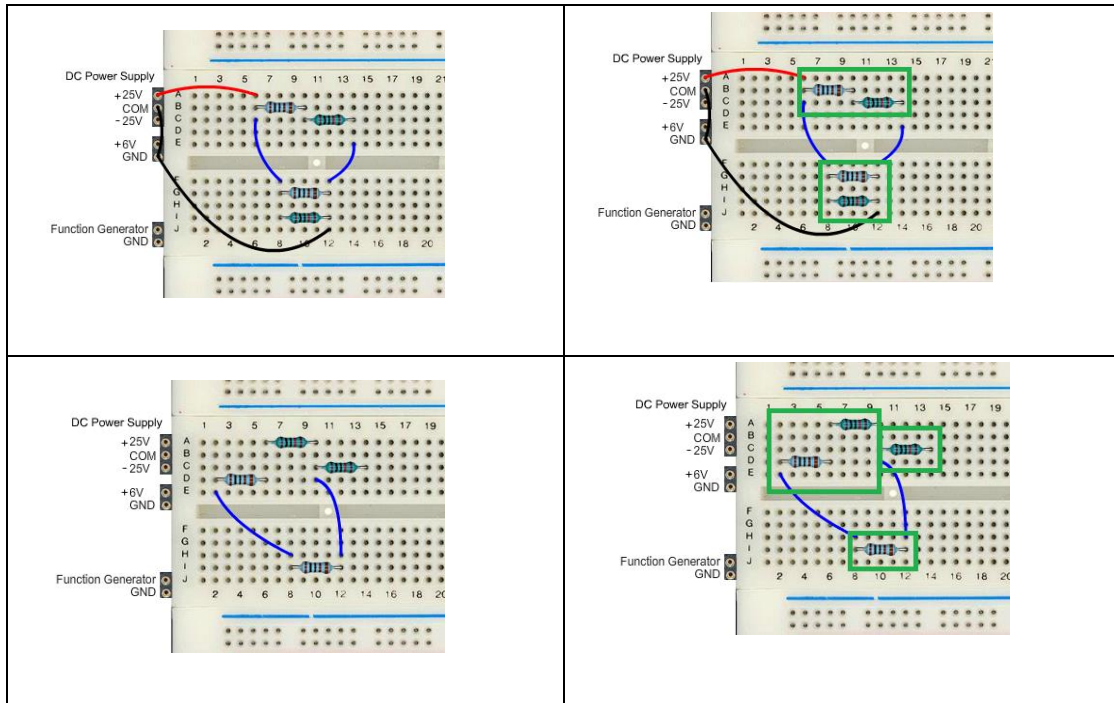


Figura 4.8 Ejemplos de aplicación del algoritmo de identificación de la configuración de circuitos.

Para el primer ejemplo el algoritmo determina que hay dos Zonas, una de ellas formada por dos resistencias en serie y otra formada por dos resistencias en paralelo, y que una Zona se encuentra en paralelo con respecto a la otra. En el segundo ejemplo el algoritmo detecta que hay tres Zonas, una de ellas con dos resistencias en serie, que a su vez está en paralelo con otra resistencia que forma ella sola una Zona y el conjunto está en serie con una tercera Zona formada por una resistencia.

Una vez identificados los componentes y conexiones, y determinadas la configuración de la fuente de alimentación y la del multímetro, se puede pasar a analizar el tipo de ejercicio realizado, para lo cual hay que tener en cuenta estas tres partes (circuito, fuente y multímetro), entre las cuales se puede dar cualquier combinación de existencia o no en el montaje, dependiendo del tipo de ejercicio tal y como se muestra en la Fig.4.9. Así, puede que sólo exista un circuito sin multímetro ni fuente, un circuito con multímetro o fuente, las tres cosas al mismo tiempo o incluso sólo fuente y multímetro. Todos los casos son válidos y en cada uno se supone que se quiere realizar un tipo de acción: montar un circuito, medir resistencias,

medir intensidades o medir voltajes. La determinación del tipo de ejercicio constituye un paso fundamental en el proceso de evaluación: por una parte, sirve para dar una primera retroalimentación al alumno que le ayude a confirmar que lo está haciendo bien o a darse cuenta de dónde está el fallo; por otra, el tipo de ejercicio del profesor será el que determine qué indicadores hay que considerar en la evaluación.

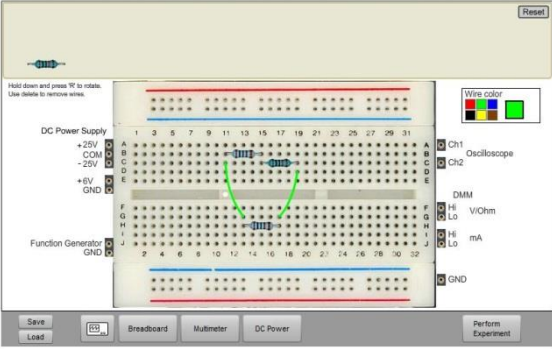
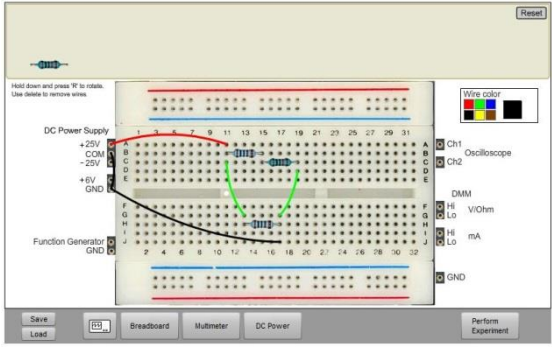
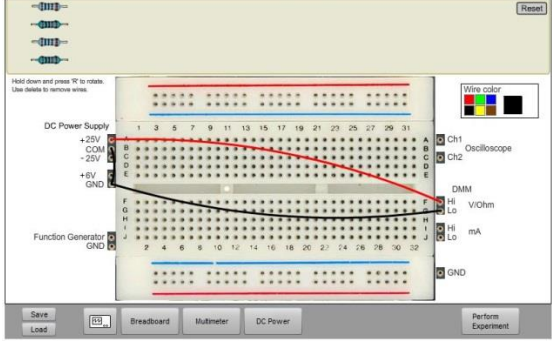
	<p>Montaje de circuito:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sólo se utilizan componentes y conexiones entre ellos.
	<p>Montaje de circuito alimentado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - se utilizan componentes, conexiones entre ellos, - y el circuito está conectado a la fuente de alimentación.
	<p>Comprobación de la fuente de alimentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - el multímetro está conectado a la fuente de alimentación con el fin de comprobar su voltaje desde sus conectores V/Ohm.

Figura 4.9 Posibles tipos de ejercicios según componentes e instrumentos utilizados

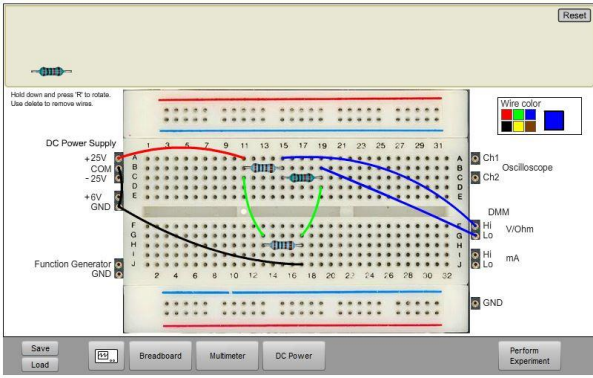
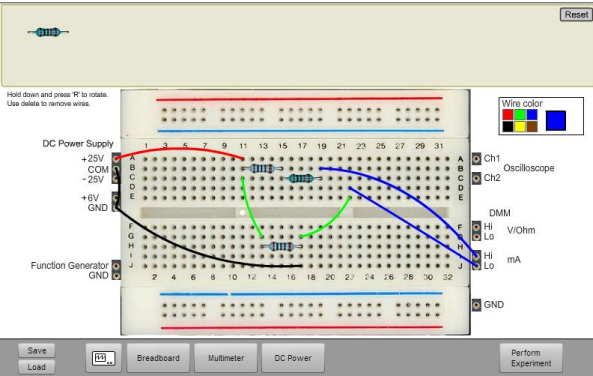
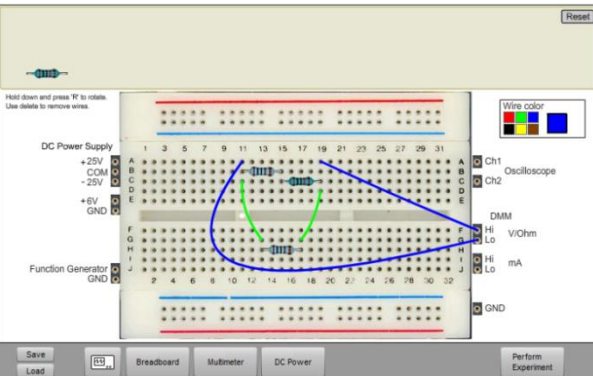
	<p>Medición de voltaje en el circuito:</p> <ul style="list-style-type: none"> - se utilizan componentes, conexiones entre ellos, - el circuito está conectado a la fuente de alimentación, - y el multímetro está conectado en dos puntos en paralelo al circuito, para medir la caída de tensión entre dichos puntos.
	<p>Medición de intensidad en el circuito:</p> <ul style="list-style-type: none"> - se utilizan componentes, conexiones entre ellos, - el circuito está conectado a la fuente de alimentación, - y el multímetro está conectado en serie en una parte del circuito, para medir la intensidad que circula por el circuito en esa rama.
	<p>Medición de resistencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> - se utilizan componentes, conexiones entre ellos, - y el multímetro está conectado en dos puntos al circuito para medir la resistencia entre dichos puntos.

Figura 4.9 Posibles tipos de ejercicios según componentes e instrumentos utilizados. (Cont.)

Además, tal como se ha visto en la Tabla 4.2, se debe tener en cuenta la configuración de los instrumentos en el caso de utilizarse en el circuito (Fig.4.10).

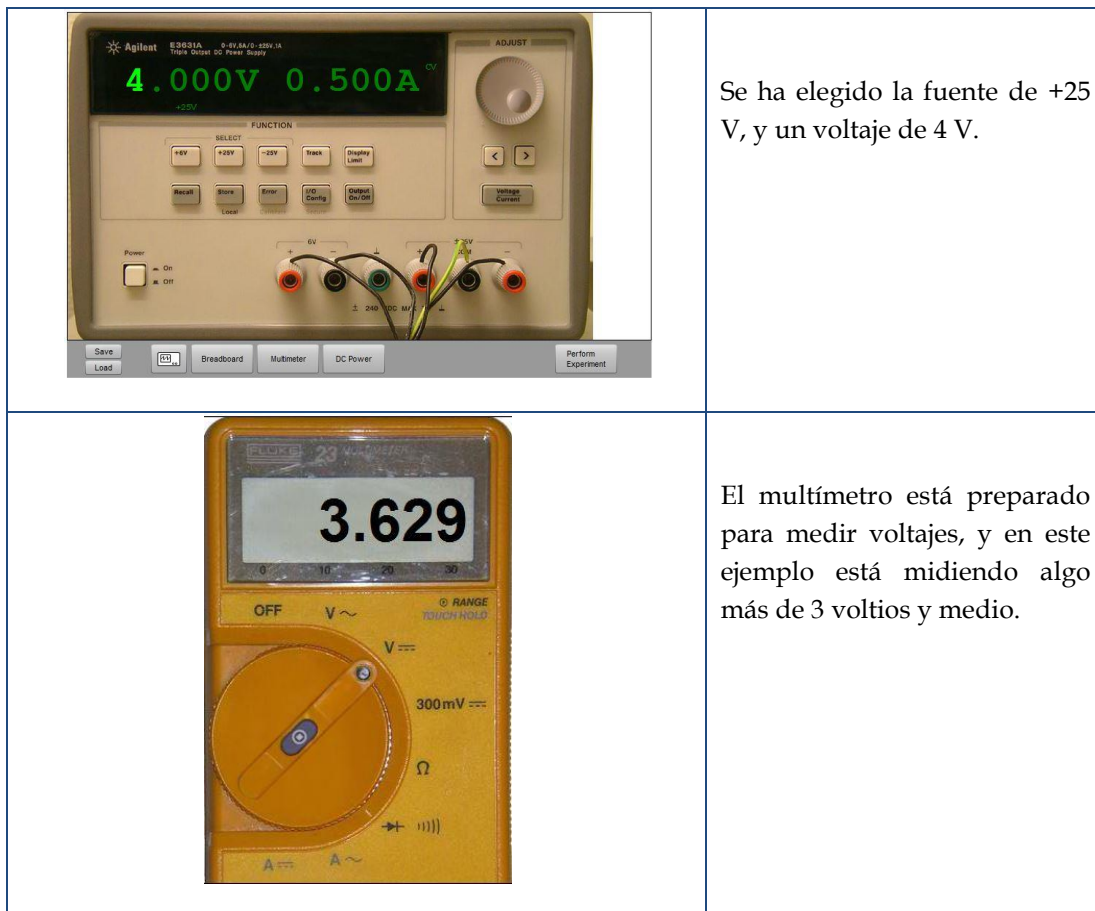


Figura 4.10 Los instrumentos deben estar bien configurados en el caso de usarse.

Puede decirse que el algoritmo de identificación de la configuración del circuito y el de determinación del tipo de ejercicio constituyen el análisis crítico sobre el que se sustenta toda la evaluación: si la configuración determinada y/o el tipo no son los correctos, la comparación entre el ejercicio del profesor y el del estudiante tampoco lo será, y tampoco las competencias adquiridas podrán ser evaluadas ya que se basan en los indicadores que deben observarse para cada tipo de ejercicio.

En la Fig.4.11 se muestra el algoritmo de determinación del tipo de ejercicio. Ésta parte del algoritmo previo para la identificación de la configuración del circuito y a partir de ahí va preguntando por los componentes e instrumentos que forman parte del circuito y, encontrada la opción correcta, comprueba que el multímetro esté configurado de la forma esperada. Si la respuesta es afirmativa concluye que ha llegado a un tipo de ejercicio, lo que define en la siguiente fase cómo se procesa. Cuando según el análisis el tipo de ejercicio parece uno, pero la configuración del multímetro

no coincide para ese tipo, el algoritmo llega a un estado de error, que es reflejado posteriormente en la retroalimentación. En la Tabla 4.3 se recoge el significado de los tipos de ejercicio y de los errores asociados.

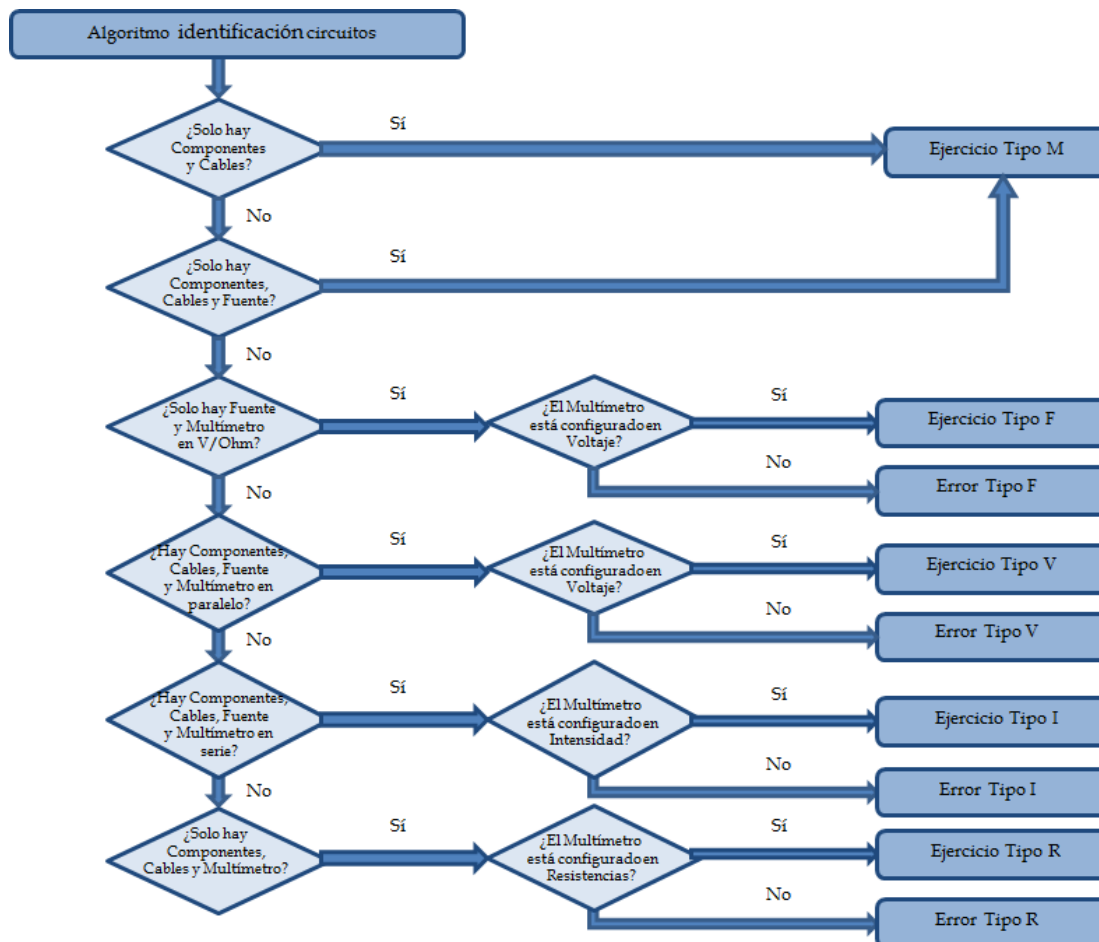


Figura 4.11 Algoritmo de determinación del tipo de ejercicio.

En la Tabla 4.4 se muestra un ejemplo concreto del análisis que lleva a cabo el algoritmo comentado de la Fig.4.11. Las trazas utilizadas constituyen parte de la información que se determinó como importante en la fase de preprocesado de datos (Fig.4.5) y la explicación recoge lo que el algoritmo extrae de esas trazas para llegar a la conclusión de cuál es el tipo de ejercicio montado o de que hay un error de tipo conocido según la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Significado de los tipos de ejercicio y de los errores asociados.

TIPOS DE EJERCICIO Y ERRORES ASOCIADOS	SIGNIFICADO
Ejercicio Tipo M	El análisis indica que se trata de un ejercicio de montaje de circuitos.
Ejercicio Tipo F	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición del voltaje de la fuente de alimentación.
Error Tipo F	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición del voltaje de la fuente de alimentación, pero el multímetro no está configurado del modo correcto.
Ejercicio Tipo V	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de voltajes.
Error Tipo V	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de voltajes, pero el multímetro no está configurado del modo correcto.
Ejercicio Tipo I	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de intensidades.
Error Tipo I	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de intensidades, pero el multímetro no está configurado del modo correcto.
Ejercicio Tipo R	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de resistencias.
Error Tipo R	El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de resistencias, pero el multímetro no está configurado del modo correcto.

El algoritmo de determinación de tipo se aplica tanto al ejercicio del profesor como al del estudiante independientemente, para utilizar los resultados en la comparación que se realiza entre ambos.

Tabla 4.4 Ejemplo de análisis de las trazas para determinar el tipo de un montaje concreto.

TRAZAS UTILIZADAS	EXPLICACIÓN
<pre data-bbox="225 405 729 551"><circuitlist>W_X DMM_VHI A11 W_X DMM_VLO A15 R_X A11 A15 1k R_X A11 A15 1k</circuitlist></pre>	<p data-bbox="751 405 1323 741">Entre <code><circuitlist></code> y <code></circuitlist></code> se especifica el circuito montado en la <i>BreadBoard</i>. En este ejemplo el circuito lo forman dos resistencias de $1k\Omega$ conectadas en paralelo y un multímetro. Al no existir en el circuito fuente de alimentación, y por el tipo y posición de los terminales del multímetro, el algoritmo deduce que se intenta medir el valor óhmico del conjunto.</p>
<pre data-bbox="225 777 729 958"><multimeter> <dmm_function value="resistance"/> <dmm_resolution value="3.5"/> <dmm_range value="10"/> </multimeter></pre>	<p data-bbox="751 777 1323 920">Entre <code><multimeter></code> y <code></multimeter></code> se especifica la configuración del multímetro. En este ejemplo el multímetro está configurado para medir resistencias.</p> <p data-bbox="751 954 1323 1061">El algoritmo concluye por tanto que el ejercicio es de Tipo R (Tabla 4.3) y así lo hará saber al usuario (profesor y estudiante).</p>

4.1.3.2 Comparación entre ejercicios

Que dos ejercicios sean del mismo tipo no quiere decir que sean iguales: sólo que utilizan los mismos tipos de componentes e instrumentos y que realizan las mismas mediciones.

En esta fase se comparan los resultados obtenidos en el algoritmo de determinación del tipo de ejercicio (Fig.4.11), teniendo en cuenta que incluye el algoritmo de identificación de la configuración de circuitos, para los ejercicios de profesor y estudiante. Para que ambos sean iguales deben serlo:

- El número y tipo de los componentes utilizados: resistencias del mismo valor óhmico.
- La configuración del circuito: mismas zonas y relación entre ellas.
- El número y configuración de los instrumentos utilizados: multímetro y su configuración y fuente de alimentación y su valor.

4.1.4 Muestra de resultados

Ésta es la última fase del modelo y su objetivo es el de realizar una visualización de los resultados obtenidos hasta el momento de un modo adecuado para el usuario final: en este caso, tanto para el profesor como para el estudiante.

Así, se va a dar en varios niveles de profundidad y con objetivos diferentes: por una parte mostrando los resultados obtenidos en el análisis del tipo de ejercicio y configuración del circuito, y por otra la comparación entre ejercicios en términos de competencias. Además, si el profesor ha asignado una ficha de evaluación al ejercicio, el modelo mostrará la calificación correspondiente. En los siguientes apartados se explican dichos resultados mostrados a modo de esquema en la Fig.4.12.



Visualizador de Resultados

Figura 4.12 Cuarta fase del Modelo: muestra de resultados.

4.1.4.1 Resultados del análisis sobre el tipo de ejercicio

El objetivo de mostrar los resultados del análisis en cuanto al tipo de ejercicio es formativo desde el punto de vista del estudiante y es muestra objetiva de dónde pueden estar los problemas de aprendizaje si el que lo recibe es el profesor.

Como puede observarse en el ejemplo mostrado en la Tabla 4.5 la información que proporciona es exhaustiva, ya que presenta un informe

pormenorizado de los circuitos realizados y de la configuración del multímetro y de la fuente de alimentación, además de finalizar con el resultado del análisis sobre el tipo de ejercicio y su configuración. Esto permite conocer dónde están exactamente los fallos en el caso de que los hubiera, comparando la información de ambos circuitos. No obstante y pese a su nivel de profundidad, el lenguaje utilizado es familiar para el alumno que realiza este tipo de ejercicios.

4.1.4.2 Resultados de la comparación cualitativa entre ejercicios

El objetivo de estos resultados es mostrar en términos de competencias, los puntos de igualdad y los de diferencia entre los ejercicios de profesor y estudiante.

En la Tabla 4.6 se recoge un ejemplo de resultado de dicha comparación. Tiene la apariencia que ya se presentó en la Fig.2.19, con un listado de todos los indicadores de la competencia trabajada y, por cada uno, los descriptores que deben cumplirse en un ejercicio para que sea correcto. Las "X" representan aquellos ítems que son cumplidos por los ejercicios del profesor (P) y del estudiante (E), cada uno en su columna correspondiente. Se utilizan como muestra los ejemplos cuyas trazas se recogen en la Tabla 4.5. Así, en dicha tabla los componentes del circuito del alumno no coinciden con los del profesor (una resistencia es de diferente valor), por lo que el circuito resultante es diferente y en la Tabla 4.6 se muestra este hecho no marcando con X los cuadros de descripción del Indicador 1 ni el primer cuadro del 3.

Hay que tener en cuenta que el ejercicio del profesor es el que se toma como modelo y el del estudiante es el que se compara con éste. Por ello se da por hecho que el profesor siempre "elige todos los componentes que forman parte del circuito" y "conecta los componentes en serie o paralelo según corresponda", ya que es él el que define el ejercicio. En cuanto a las "X" del estudiante, hay datos que se obtienen de forma directa, como la posición de la ruleta del multímetro, y otros que necesitan compararse con los datos del profesor tomados como referencia, como el valor del voltaje de la fuente de alimentación.

Tabla 4.5 Ejemplo de resultados del análisis sobre el tipo de ejercicio.

EJERCICIO PROFESOR	EJERCICIO ESTUDIANTE
<p>Circuit: =====</p> <p>W_X DMM_VHI A11 W_X DMM_VLO A15 R_X A11 A15 1k R_X A11 A15 1k =====</p> <p>Multimeter: =====</p> <p>dmm_function = resistance =====</p> <p>Dcpower: =====</p> <p>dc_output channel= 6V+ dc_voltage =0</p> <p>dc_output channel= 25V+ dc_voltage =0</p> <p>dc_output channel= 25V- dc_voltage =0 =====</p> <p>Análisis del tipo de ejercicio: =====</p> <p>El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de resistencias =====</p> <p>Configuración del circuito: =====</p> <p>Hay 1 zona: Zona 1: La zona tiene 2 resistencias, están en paralelo y son: R_X A11 A15 1k R_X A11 A15 1k =====</p>	<p>Circuit: =====</p> <p>W_X DMM_VHI A12 W_X DMM_VLO A16 R_X A12 A16 1k R_X A12 A16 10k =====</p> <p>Multimeter: =====</p> <p>dmm_function = resistance =====</p> <p>Dcpower: =====</p> <p>dc_output channel= 6V+ dc_voltage =0</p> <p>dc_output channel= 25V+ dc_voltage =0</p> <p>dc_output channel= 25V- dc_voltage =0 =====</p> <p>Análisis del tipo de ejercicio: =====</p> <p>El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de resistencias =====</p> <p>Configuración del circuito: =====</p> <p>Hay 1 zona: Zona 1: La zona tiene 2 resistencias, están en paralelo y son: R_X A12 A16 1k R_X A12 A16 10k =====</p>

Tabla 4.6 Ejemplo de resultado de la comparación entre los ejercicios de profesor y de estudiante.

CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados.		
Nivel1: Resolver Circuitos Básicos de Continua utilizando VISIR		
P	E	
Indicador 1: Implementa el circuito pedido		
X		Elige todos los componentes que forman parte del circuito
X		Conecta los componentes en serie o paralelo según corresponda
Indicador 2: Utiliza la fuente de alimentación		
		Elige el voltaje pedido de la fuente de alimentación
		Realiza la conexión de la fuente donde corresponde
Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resistencia/s		
X		Conecta el multímetro en los terminales a medir
X	X	No alimenta el circuito
X	X	Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con V/Ohm
X	X	Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de Ohm
Indicador 4: Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos		
		Conecta el multímetro en los terminales a medir
		Alimenta el circuito
		Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con V/Ohm
		Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de V(CC)
Indicador 5: Mide la intensidad de una rama del circuito		
		Conecta el multímetro dentro de la rama a medir
		Alimenta el circuito
		Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con mA
		Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de A(CC)

Decir además que no todos los indicadores se trabajan en todos los ejercicios, sino que depende del tipo de ejercicio. Es más, los tres últimos indicadores son excluyentes entre sí, ya que al existir un único instrumento de medida sólo se puede realizar una medición cada vez.

En cuanto a los resultados, no son tan específicos como en el apartado anterior, pero sí lo suficiente para que tanto profesor como alumno puedan conocer el tipo de concepto en el que se falla, aunque no se llegue al detalle como ocurría en los resultados anteriores. Así, resulta un complemento de éstos, ya que de una forma fácil e intuitiva se obtiene una visión general completa de cuáles son los indicadores en los que hay que trabajar más.

Tanto la información proporcionada en la Tabla 4.5 como la de la Tabla 4.6 constituyen una evaluación formativa, que como se vio en la comparación de modelos del capítulo 4 es uno de los aspectos menos trabajados en los modelos de evaluación, y sin embargo es una característica fundamental de la evaluación eficaz.

4.1.4.3 Resultados cuantitativos de los ejercicios

Hasta aquí los resultados obtenidos son todos de tipo cualitativo, utilizados como una evaluación formativa: para el estudiante como una forma de conocer en qué debe mejorar y para el profesor como un modo de conocer qué aspectos tiene que vigilar en su práctica docente.

Para obtener además resultados cuantitativos se debe aplicar la ficha de evaluación considerada como entrada al modelo en la primera fase de captura de datos (Fig.4.2). El profesor habrá completado una ficha como la de la Tabla 4.7, seleccionando los indicadores correspondientes al tipo de ejercicio. Habrá elegido para cada indicador los descriptores que ha considerado más adecuados en cada nivel de cumplimiento y a cada conjunto de descriptores le habrá asignado un porcentaje. La suma de porcentajes de los indicadores elegidos debe ser 100 (puntuación máxima del ejercicio si se cumplen todos), y cada conjunto de descriptores en su nivel 1 debe tener un porcentaje también de 100 (definición de indicador perfecto).

Nótese que en la ficha de evaluación, los cuadros coloreados de gris son valores de descriptores que para el indicador en el que se encuentran son erróneos (ver Tabla 4.6 para descriptores correctos), pero que el profesor ha

podido elegir porque de darse influyen en el nivel de evaluación en el que se han seleccionado.

Tabla 4.7 Ejemplo de ficha de evaluación para un determinado ejercicio.

CEI: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados. Nivel1: Resolver Circuitos Básicos de Continua utilizando VISIR.										
INDICADORES	DESCRPTORES									
	1		2		3		4		5 (por defecto)	
Implementa el circuito pedido 25%	Elige todos los componentes que forman parte del circuito	100%	Elige todos los componentes que forman parte del circuito	75%	NO elige todos los componentes que forman parte del circuito	50%				0%
	Conecta los componentes en serie o paralelo según corresponda		NO Conecta los componentes en serie o paralelo según corresponda		NO Conecta los componentes en serie o paralelo según corresponda					
Mide el valor óhmico de la/s resistencia/s 75%	Conecta el multímetro en los terminales a medir	100%	Conecta el multímetro en los terminales a medir	75%	Conecta el multímetro en los terminales a medir	75%	NO Conecta el multímetro en los terminales a medir	50%		0%
	NO alimenta el circuito		NO alimenta el circuito		NO alimenta el circuito		NO alimenta el circuito			
	Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con V/Ohm		Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con V/Ohm		NO elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con V/Ohm		Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con V/Ohm			
	Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de Ohm		NO selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de Ohm		Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de Ohm		Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de Ohm			

El resultado se muestra de una forma sencilla, como puede observarse en la Tabla 4.8, donde se utiliza la misma ficha de evaluación completada anteriormente por el profesor, coloreando en verde el nivel conseguido para cada indicador, tal y como lo haría el profesor sobre su ficha de evaluación en papel, y añadiendo además color rojo en aquellos ítems que hacen que no se cumpla un descriptor determinado.

Puede observarse en este ejemplo que el ejercicio realizado cumple el descriptor 3 del primer indicador y el 4 del segundo, con lo cual obtiene un 50% en cada uno de ellos, lo que ponderado por el peso de cada indicador supone una calificación de 5. La evaluación, considerada de esta forma, se suele utilizar como una evaluación sumativa, aunque también proporciona retroalimentación formativa de los indicadores a mejorar.

Tabla 4.8 Ejemplo de resultado de la aplicación de la ficha de evaluación a un determinado ejercicio.

CEI: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados. NivelI: Resolver Circuitos Básicos de Continua utilizando VISIR.										
INDICADORES	DESCRPTORES									
	1		2		3		4		5 (por defecto)	
Implementa el circuito pedido 25%	Elige todos los componentes que forman parte del circuito	100%	Elige todos los componentes que forman parte del circuito	75%	NO elige todos los componentes que forman parte del circuito	50%				0%
	Conecta los componentes en serie o paralelo según corresponda		NO Conecta los componentes en serie o paralelo según corresponda		NO Conecta los componentes en serie o paralelo según corresponda					
Mide el valor óhmico de la/s resistencia/s 75%	Conecta el multímetro en los terminales a medir	100%	Conecta el multímetro en los terminales a medir	75%	Conecta el multímetro en los terminales a medir	75%	NO Conecta el multímetro en los terminales a medir	50%		0%
	NO alimenta el circuito		NO alimenta el circuito		NO alimenta el circuito		NO alimenta el circuito			
	Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con V/Ohm		Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con V/Ohm		NO elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con V/Ohm		Elige las puntas de prueba del multímetro que se corresponden con V/Ohm			
	Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de Ohm		NO selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de Ohm		Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de Ohm		Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de Ohm			

En la Fig.4.13 se muestra parte del algoritmo para calcular la calificación. Para cada indicador recorre cada uno de los niveles de descriptores empezando por el primero y analizando si se cumplen por completo, en cuyo caso aplica el porcentaje asignado a ese nivel de descriptores. Si no se cumple para un nivel concreto se pasa al nivel siguiente, y así sucesivamente hasta llegar al último nivel con valor. Si tampoco ése se cumple, el porcentaje final es el del nivel “por defecto”. Cada porcentaje así calculado se pondera con el de su indicador y la calificación final se obtiene como suma de los porcentajes obtenidos en cada uno de éstos. La calificación debe ser mostrada tanto al profesor como al estudiante para que pueda utilizarse como evaluación sumativa.

4.2 Resumen del modelo propuesto

En los apartados anteriores de este capítulo se describe el modelo AAAS en cuanto a su diseño en fases: captura de datos, preprocesado de datos, análisis de datos y muestra de resultados, tal y como se ha hecho en el capítulo 3 al comparar nueve modelos relacionados con la evaluación *on-line* de competencias prácticas en áreas tecnológicas. Para cada fase se han descrito

los objetivos a lograr, los problemas intrínsecos y las soluciones aportadas utilizando los conceptos de analíticas de aprendizaje y de rúbricas de evaluación, además de los algoritmos necesarios para tratar los datos recogidos del laboratorio remoto.

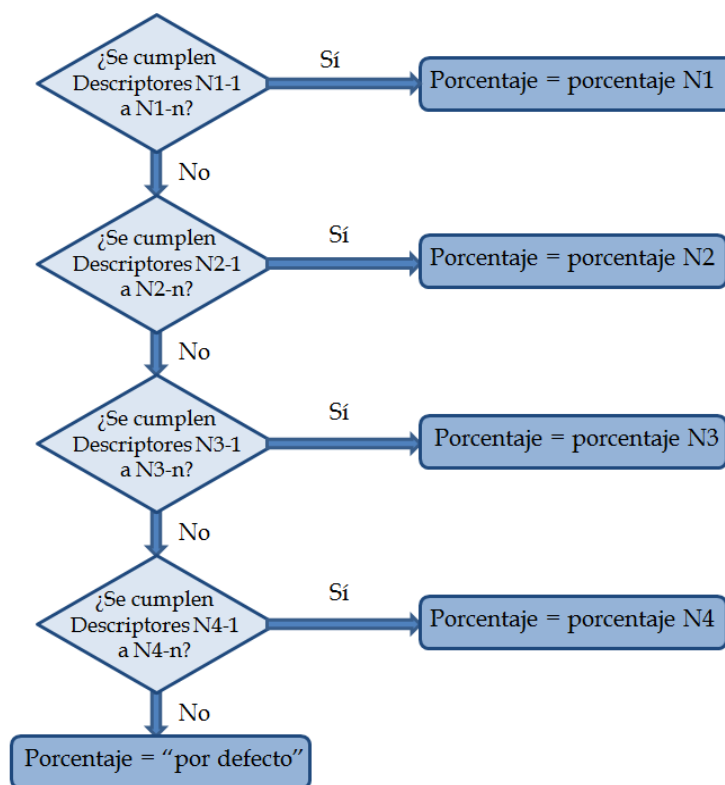


Figura 4.13 Algoritmo de asignación de calificación según la ficha de evaluación.

Cabe destacar que con respecto a las características presentadas en la Tabla 3.5 de comparación de modelos, el único resultado que no muestra AAAS es el relativo a estadísticas de uso, lo cual no se ha considerado dentro del modelo porque son datos que ya proporciona en LRMS WebLab-Deusto, por lo que sería información redundante. El resto de resultados no sólo son proporcionados tanto al profesor como al estudiante, sino que el modo de presentación es intuitivo a la vez que conocido, y la interfaz utilizada es sencilla en su manejo y no requiere conocimientos más allá del nivel de usuario de un sistema tipo Windows, por lo que no incrementa de modo innecesario el tiempo para su uso. También las características que definen la considerada como “evaluación eficaz” vista en el capítulo 2 y los requisitos que se enumeran al comienzo de este capítulo son cumplidos por AAAS.

4.3 Implementación del modelo propuesto

Tal y como se explica al principio del capítulo, se presenta a continuación la implementación software del modelo propuesto, el cual tiene por objetivo facilitar la evaluación automática de ejercicios realizados con VISIR, proporcionando no sólo fiabilidad y eficacia, sino evitando formas nuevas de hacer las cosas que incrementen el tiempo dedicado a esta tarea. Esta implementación se utiliza además en el capítulo quinto para la validación del sistema con ejemplos tomados de un entorno real.

Para ello se diseña e implementa una interfaz con las características definidas por diversos autores [Chen00] [IMB01] [PMI+09] como las óptimas de un software de este tipo:

- Usabilidad: entendiéndose como el uso de la interfaz de la manera más sencilla posible, haciendo que, por ejemplo, sea similar en el aspecto a aplicaciones ya conocidas.
- Funcionalidad: las interfaces que poseen esta característica muestran claramente las funciones o procesos que se pueden desempeñar, aunque permitiendo un control total frente a las opciones disponibles, y guían de forma clara la actuación en caso de error.
- Buena distribución de la información: en cuanto a la organización de los elementos, claridad de textos, etc.

Además, como señala [Rod09], *“La funcionalidad y su usabilidad deben estar en perfecta armonía, debe recordarnos conductas que usualmente solemos hacer día a día”*.

En la implementación se tiene además en cuenta la eficiencia, el mantenimiento y la portabilidad, y por ello se realiza en un lenguaje de programación orientado a objetos, con lo que facilita la reutilización de los mismos, de sus procedimientos y de sus métodos definiéndolos una sola vez. Esto permite además una gran flexibilidad a la hora de agregar nuevas funcionalidades. En el caso de AAAS, definido inicialmente para su uso con la Ley de Ohm, posibilita añadir nuevos objetos como por ejemplo condensadores, diodos, el osciloscopio y el generador de señales, para el trabajo con rectificadores y filtros. Todo ello sumando funcionalidad al código inicial pero sin alterar éste.

El esquema general de la aplicación se muestra en la Fig.4.14. En ésta se presenta la pantalla principal en el centro y las pantallas a las que se llega desde ésta a su alrededor. La funcionalidad de cada pantalla se explica en los apartados siguientes, en la fase en que se utiliza cada una.

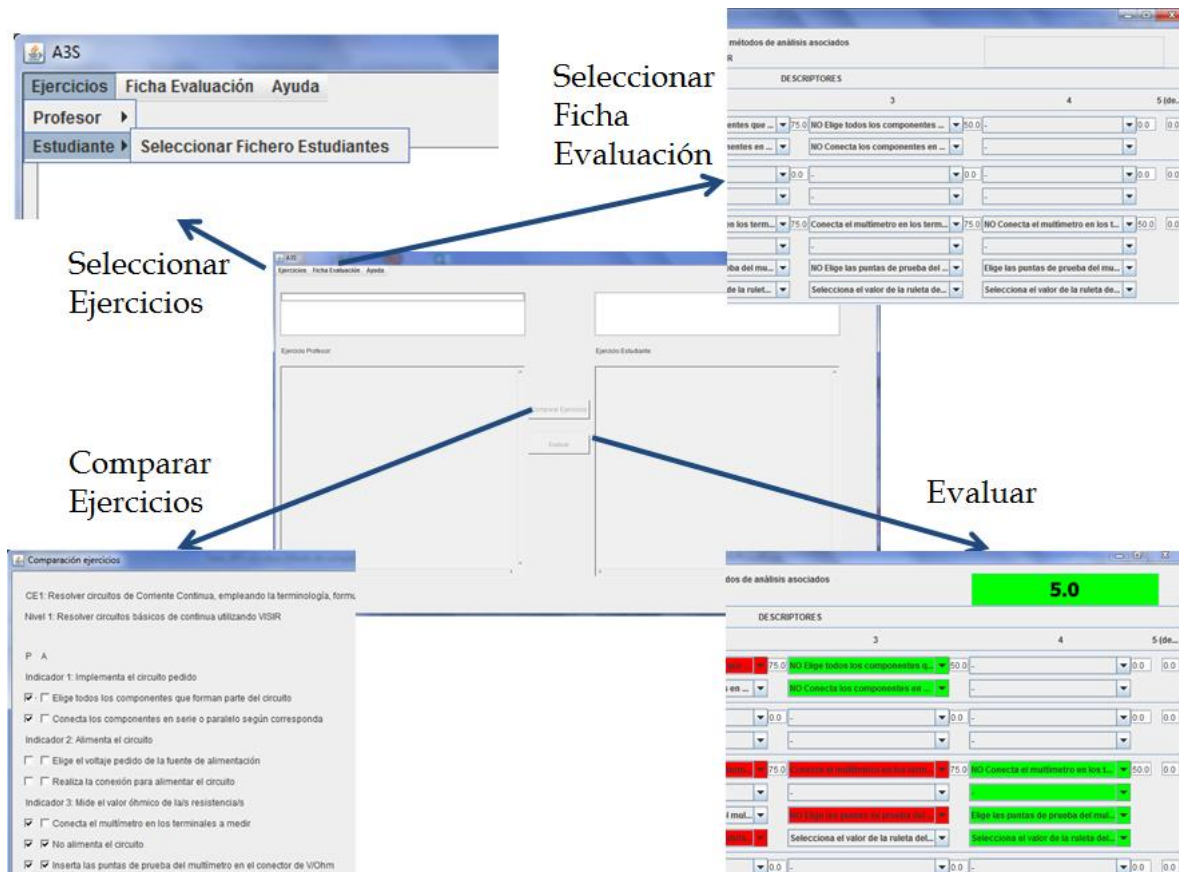


Figura 4.14 Pantallas de la aplicación a partir de la principal (en el centro).

4.3.1 Captura de datos

Tal como se presenta en el apartado de descripción general del modelo propuesto, los pasos para la corrección automática son los seguidos en los procesos de analíticas de aprendizaje.

Así, lo primero es realizar la captura de los datos, los cuales constan a de los ejercicios realizados por el profesor y por el estudiante y de la ficha de evaluación completada por el profesor.

En el fichero del profesor puede haber más de un ejercicio realizado, cada uno con unos objetivos concretos. En el del estudiante puede haber incluso ejercicios de diferentes alumnos. En la Fig.4.15 se muestran el fichero del profesor y el del estudiante cargados en la pantalla principal pero sin elegir aún los ejercicios concretos a comparar.

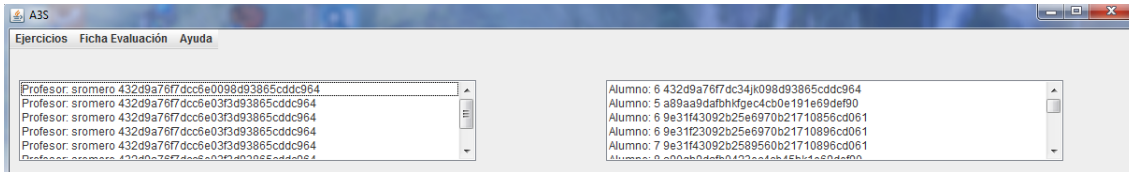


Figura 4.15 Se carga en la aplicación los ejercicios del profesor y del estudiante.

De entre los ejercicios disponibles en cada fichero se elige en cada momento el adecuado según el objetivo buscado. En la Fig.4.16 se muestran seleccionados los mismos ejercicios que han servido de ejemplo hasta el momento, para observar cómo son tratados por la aplicación.

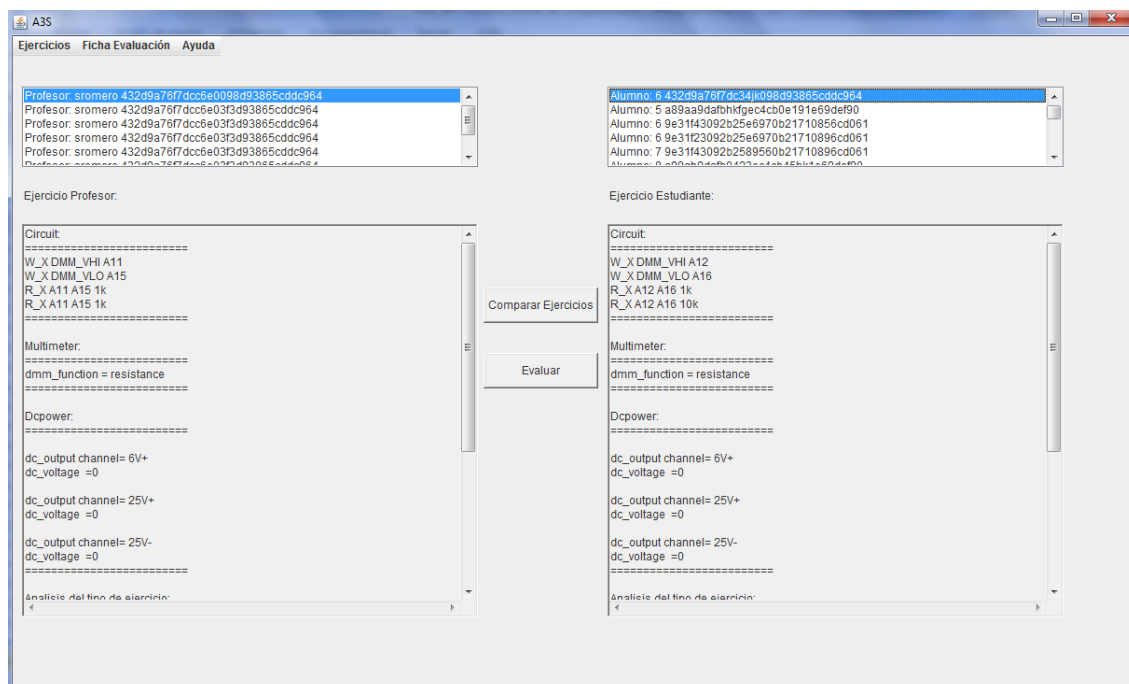


Figura 4.16 El ejercicio del profesor y el del estudiante se muestran en la pantalla principal una vez seleccionados.

Figura 4.17 Se puede optar por rellenar una ficha de evaluación nueva o seleccionar una previamente guardada.

Como tercer dato de entrada al sistema se encuentra la ficha de evaluación, que es utilizada en la última fase del modelo para evaluar el ejercicio del alumno. En cada ocasión se puede configurar una nueva ficha o seleccionar una ya existente previamente guardada. En la Fig.4.17 se muestra una ficha vacía, donde hay que seleccionar los indicadores a utilizar, los descriptores de cada uno de ellos y sus porcentajes asociados dentro de la nota total.

4.3.2 Preprocesado de datos

El preprocesado de datos explicado en el apartado 4.1.2 se realiza al elegir los ejercicios de profesor y estudiante, mostrando la información significativa en las dos ventanas inferiores de la pantalla principal (Fig.4.16). En la Fig.4.18 se muestra ampliada una de las ventanas.

El resultado del preprocesado se corresponde con la zona superior de información, la mostrada en la Fig.4.18, donde aparecen los componentes utilizados y su conexión en la *Breadboard*, los instrumentos conectados, y su configuración.

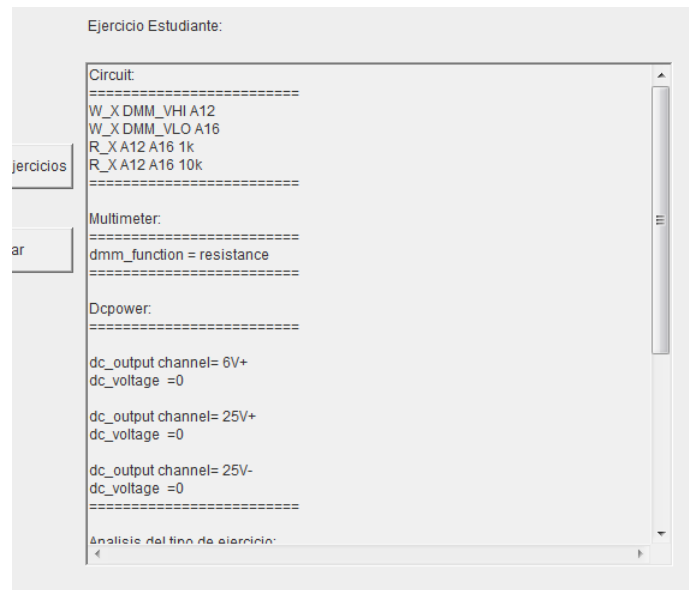


Figura 4.18 Ejemplo de muestra del ejercicio del estudiante una vez preprocesado.

4.3.3 Análisis de datos y muestra de resultados

En este apartado se han juntado las dos últimas fases del modelo porque están estrechamente relacionadas y se realizan al mismo tiempo. Como ya se ha visto en el diseño del modelo, se realizan varios análisis de datos, cada uno de ellos con su muestra de resultados, y en este apartado se presenta su implementación.

4.4.3.1 Resultados del análisis sobre el tipo de ejercicio

El análisis para la identificación de la configuración del circuito, y a partir de ahí el algoritmo sobre el tipo de ejercicio montado, se realiza automáticamente al elegir los ejercicios del profesor y del estudiante, y los resultados de dicho análisis se muestran en la misma pantalla de la Fig.4.16, a continuación de los resultados del preprocesado. En la Fig.4.19 se muestra el análisis realizado sobre el ejercicio del estudiante.

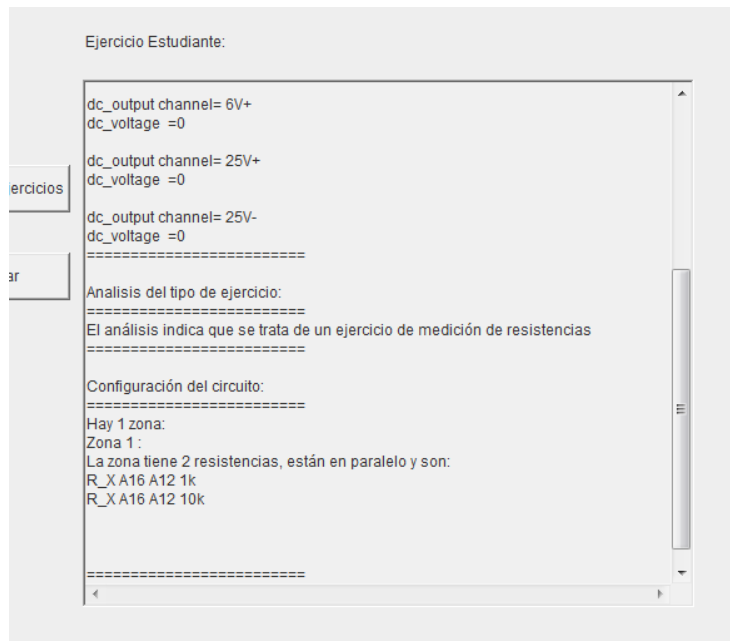


Figura 4.19 Resultados del análisis sobre la configuración del circuito y el tipo de ejercicio.

4.4.3.2 Resultados de la comparación cualitativa entre ejercicios

La comparación entre ejercicios no se realiza hasta que el usuario pulsa el botón “Comparar Ejercicios”. Al realizar esta acción, se comparan los ejercicios de profesor y de estudiante y los resultados se muestran en una pantalla, que tiene el mismo aspecto que la que se presenta en la Tabla 4.6 al explicar el diseño del modelo. En la Fig.4.20 se muestra la parte de la pantalla de resultados que tiene que ver con el ejemplo que se está siguiendo.

4.4.3.3 Resultados cuantitativos de los ejercicios

Para obtener el resultado cuantitativo, es decir, la calificación del ejercicio, se aplica la ficha de evaluación, que ahora se presenta completada en la Fig.4.21. Y como se explica en la descripción del modelo (Tabla 4.8), el resultado se muestra a través de la misma ficha, con los niveles conseguidos y los ítems fallados destacados en otro color. El algoritmo de asignación de calificación obtiene además una nota, que es mostrada en la parte superior derecha de la pantalla (Fig.4.22). Este análisis y muestra de resultado se realiza al pulsar el botón “Evaluar” desde la pantalla principal.

Comparación ejercicios

CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados.
Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR

P A

Indicador 1: Implementa el circuito pedido

Elige todos los componentes que forman parte del circuito

Conecta los componentes en serie o paralelo según corresponda

Indicador 2: Alimenta el circuito

Elige el voltaje pedido de la fuente de alimentación

Realiza la conexión para alimentar el circuito

Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resistencia/s

Conecta el multímetro en los terminales a medir

No alimenta el circuito

Inserta las puntas de prueba del multímetro en el conector de V/Ohm

Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de Ohm

Figura 4.20 Muestra de la comparación entre los ejercicios de profesor y estudiante.

Ficha de evaluación

CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados
Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR

INDICADORES	DESCRIPTORES			
	1	2	3	4
Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que ... 00.0 25.0	Elige todos los componentes que ... 75.0	NO Elige todos los componentes ... 50.0	0.0 0.0
Alimenta el circuito	Conecta los componentes en seri... 0.0	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...	0.0 0.0
Mide el valor óhmico de la/s resistencia/s	Conecta el multímetro en los term... 100	Conecta el multímetro en los term... 75.0	Conecta el multímetro en los term... 75.0	NO Conecta el multímetro en los L... 50.0 0.0
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito
Mide la intensidad de una rama del circuito	Elige las puntas de prueba del ms... 75.0	Elige las puntas de prueba del ms... 0.0	NO Elige las puntas de prueba del ... 0.0	Elige las puntas de prueba del ms... 0.0 0.0
	Selecciona el valor de la ruleta de... 0.0	NO Selecciona el valor de la rulet... 0.0	Selecciona el valor de la ruleta de... 0.0	Selecciona el valor de la ruleta de... 0.0 0.0

Guardar

Figura 4.21 Ficha de evaluación completada para evaluar ejercicios de medición de resistencias.

Ficha de evaluación		CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados					5.0	
Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR		DESCRPTORES						
INDICADORES		1	2	3	4	5 (de...		
Implementa el circuito pedido	25.0	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...	NO Elige todos los componentes q...	NO Elige todos los componentes q...	NO Elige todos los componentes q...	0.0	0.0
		Conecta los componentes en seri...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...		
Alimenta el circuito	0.0						0.0	0.0
Mide el valor óhmico de la/s resistencia/s	75.0	Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los term...	NO Conecta el multímetro en los t...	NO Conecta el multímetro en los t...	50.0	0.0
		NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito		
		Elige las puntas de prueba del mul...	Elige las puntas de prueba del mul...	NO Elige las puntas de prueba del...	Elige las puntas de prueba del mul...	Elige las puntas de prueba del mul...		
		Selecciona el valor de la ruleta del...	NO Selecciona el valor de la ruleta...	Selecciona el valor de la ruleta del...	Selecciona el valor de la ruleta del...	Selecciona el valor de la ruleta del...		
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	0.0						0.0	0.0
Mide la intensidad de una rama del circuito	0.0						0.0	0.0

Figura 4.22 Muestra del resultado cuantitativo del ejercicio a partir de la ficha de evaluación.

4.4 Resumen de la implementación del modelo propuesto

En el apartado anterior se ha mostrado cómo el modelo diseñado al comienzo del capítulo se ha materializado en una aplicación software que permite por un lado evaluar el modelo y por otro su utilización real.

Cada una de las fases de que consta AAAS: captura de datos, preprocesado de datos, análisis de datos y muestra de resultados, ha dado lugar a uno o varios módulos independientes, que conectados entre sí demuestran que se puede realizar la evaluación automática de competencias prácticas desarrolladas con el laboratorio remoto VISIR, utilizando rúbricas de evaluación y técnicas de *Learning Analytics*, tal y como se enuncia en la hipótesis H.

Como característica a destacar en la implementación del modelo es que es totalmente configurable: los ficheros del profesor y del estudiante pueden contener los registros que se desee y se puede elegir el adecuado en cada caso; la ficha de evaluación la configura el profesor según su criterio; y el sistema está preparado para trabajar con los componentes definidos (resistencias, fuente y multímetro) sin ninguna restricción de número en cuanto a las resistencias y sin restricciones de configuración del circuito. Esta característica dota al sistema de utilidad en un entorno real de enseñanza-aprendizaje.

Evaluación de la solución

En el capítulo primero se ha introducido la investigación llevada a cabo en esta tesis en el campo de las analíticas de aprendizaje aplicadas a los laboratorios remotos, dentro del contexto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto. Se ha justificado la investigación y se han planteado una hipótesis y unos objetivos para demostrarla. Siguiendo la metodología del tipo investigación-acción se ha identificado un problema y se han definido las características de la solución, para pasar a continuación a diseñarlo e implementarlo.

En este capítulo se aborda la última de las fases, la de “observación y evaluación”, para terminar en el siguiente capítulo con las conclusiones donde se expongan los límites y los nuevos retos por conseguir.

Así, el objetivo de este capítulo es presentar una serie de pruebas realizadas al modelo propuesto, diseñado e implementado, con el fin de comprobar su validez así como las aportaciones sobre los modelos ya existentes. Finaliza el capítulo con las conclusiones alcanzadas tras el análisis de los resultados obtenidos.

5.1 Pruebas de evaluación del método propuesto

El objetivo de este apartado es validar el modelo propuesto para dar una solución eficaz a los problemas y objetivos marcados al comienzo de este trabajo. Para ello el modelo se evalúa desde cuatro puntos de vista:

- Pruebas de uso del modelo: comprobando que se cumple el objetivo general OG enunciado en el capítulo primero de *“analizar los datos recogidos durante el uso de un laboratorio remoto, con el objetivo de evaluar de forma automática el aprendizaje conseguido con dicho laboratorio”*.
- Contribución a los objetivos de los laboratorios remotos: partiendo de los objetivos propuestos por ABET, que abarcan el propósito fundamental de los laboratorios educativos de ingeniería (Tabla 2.1), se presenta cómo el modelo propuesto contribuye al cumplimiento de dichos objetivos.
- Solución a los problemas de evaluación: teniendo en cuenta las características propias de la *“evaluación eficaz”* y los problemas intrínsecos que ésta entraña (Tabla 2.2), se expone cómo el modelo reúne las herramientas propuestas en el capítulo segundo para solucionar dichos problemas.
- Propuestas de mejora sobre los modelos de evaluación analizados: en base a la comparación realizada en el capítulo tercero entre nueve modelos de evaluación *on-line* de competencias prácticas analizados (Tabla 3.5), se presentan las mejoras aportadas por AAAS con respecto a dichos modelos.

5.2 Pruebas de uso del modelo

Con estas pruebas se pretende demostrar el OE3: *“Validar el modelo presentado haciendo uso de la aplicación implementada y de los datos reales recogidos durante el desarrollo de una asignatura”*.

El hecho de utilizar los datos reales recogidos durante el desarrollo de una asignatura en la validación del modelo es un dato importante, ya que se demuestra que no sólo cumple su objetivo en casos experimentales sino que funciona en un entorno real. Es por esto que antes de explicar los resultados obtenidos en las pruebas de uso del modelo, se dedica un apartado al juego de ensayo utilizado.

5.2.1 Datos utilizados para las pruebas de uso del modelo

Los datos de entrada utilizados para las pruebas de uso del modelo han sido descargados desde el LRMS WebLab-Deusto, de entre los ejercicios realizados en VISIR para la asignatura de física durante dos semanas concretas del segundo semestre de los cursos 2012-2013, 2013-2014 y 2014-2015, en el campus de Bilbao. Se han elegido estos cursos porque se estaban

utilizando en todos ellos una misma metodología con respecto a otra investigación y por ello se tenían registrados muchos datos que de otro modo habría que haber deducido. Dichos datos hacen referencia a los ejercicios que se plantearon a los alumnos, las fechas en que se practicaron, etc. lo cual a la hora de analizar los errores típicos que realizan los alumnos ha sido de gran ayuda.

El número de registros totales analizados asciende a más de 5000 por curso, que han sido categorizados en diferentes grupos según los tipos de ejercicios planteados a los alumnos, y de cada grupo se han elegido para la prueba aquellos que eran diferentes entre sí. A continuación se ha realizado otro filtro quitando aquellos ejercicios que al ser muy guiados eran análogos a los del profesor y de poco interés a la hora de buscar fallos. De los conjuntos resultantes se han elegido al azar un total de 100, y se ha comprobado que cubren todas las posibilidades a analizar. Estos datos se han utilizado como casos de prueba unitaria para validar el correcto funcionamiento de todos los módulos según las especificaciones del diseño.

Al tener anotados los datos de los ejercicios propuestos por el profesor en cada momento, se han podido identificar los fallos más usuales de cada tipo, que son los utilizados como muestra del juego de ensayo en este capítulo, aunque el conjunto de los datos sea mucho mayor, es decir, sólo se muestran en cada apartado aquellos que comprueban un comportamiento del sistema no mostrado hasta ese momento.

Así, en el capítulo anterior la explicación de la implementación del modelo se ha realizado con un único ejercicio para mostrar de un modo sencillo, paso a paso y sin distracciones, cómo se realiza una evaluación automática. En este apartado se muestra ahora, para cada fase y algoritmo, cómo se comporta la herramienta implementada con los ejercicios seleccionados de entre todos los recogidos del laboratorio remoto VISIR. Por claridad, los resultados se muestran explicados, con la parte de la pantalla que muestra los datos relevantes o con la pantalla completa resultante de la ejecución del módulo cuando esto es necesario.

5.2.2 Resultados del análisis sobre el tipo de ejercicio

Como se explica en el apartado 4.1.3.1, existen varios tipos de ejercicios según los componentes utilizados y la configuración del multímetro y el uso de la fuente de alimentación. Si el montaje parece indicar que es de un tipo de ejercicio pero la configuración del multímetro no se corresponde, se considera un error. Como ya se explicó en dicho apartado, el algoritmo de identificación del tipo de ejercicio constituye el análisis crítico sobre el que se sustenta toda la evaluación: por una parte para dar una primera retroalimentación al alumno sobre lo que está haciendo y por otra porque el tipo de ejercicio del profesor que aquí se determine es el que se toma como referencia para saber qué indicadores deben ser evaluados y por tanto comparados con el ejercicio del alumno. La Tabla 5.1 muestra los indicadores posibles para cada tipo de ejercicio. Así, como puede observarse, si el tipo de ejercicio es de montaje de circuitos no tiene sentido comprobar el indicador de medición de voltaje (indicador 4), ya que si sólo se realiza un montaje no interviene el multímetro.

Tabla 5.1 Indicadores posibles para cada tipo de ejercicio.

TIPO DE EJERCICIO	INDICADORES POSIBLES
Ejercicio de montaje de circuito	Indicador 1: implementa el circuito pedido
Ejercicio de montaje de circuito alimentado	Indicador 1: implementa el circuito pedido Indicador 2: utiliza la fuente de alimentación
Ejercicio de comprobación de la fuente de alimentación	Indicador 2: utiliza la fuente de alimentación Indicador 4: mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos
Ejercicio de medición de voltaje en el circuito	Indicador 1: implementa el circuito pedido Indicador 2: utiliza la fuente de alimentación Indicador 4: mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos
Ejercicio de medición de intensidad en el circuito	Indicador 1: implementa el circuito pedido Indicador 2: utiliza la fuente de alimentación Indicador 5: mide la intensidad de una rama del circuito
Ejercicio de medición de resistencias	Indicador 1: implementa el circuito pedido Indicador 3: mide el valor óhmico de la/s resistencia/s

Siendo este algoritmo crucial para todo el proceso, el juego de ensayo que se presenta en la Tabla 5.2 se corresponde con una relación de todos los tipos de ejercicio posibles que pueden darse y la respuesta del sistema ante cada uno. Con ellos se valida que el modelo determina con precisión el tipo de ejercicio para todos aquellos casos en que los componentes utilizados sean resistencias, un multímetro y una fuente de alimentación, sea cual sea la configuración del circuito.

En la primera columna de esta tabla se muestra el circuito montado, que en muchos casos se repite porque su montaje en la Breadboard es el mismo; en la segunda, las trazas resultantes (sólo se muestran las significativas) con los cambios entre un ejercicio y otro sombreado para que se vea claramente la diferencia; a continuación viene una pequeña explicación de por qué se ha elegido ese ejemplo; y en la última columna la respuesta de la herramienta implementada a ese caso.

Tabla 5.2 Casos de prueba para determinar el tipo de un ejercicio.

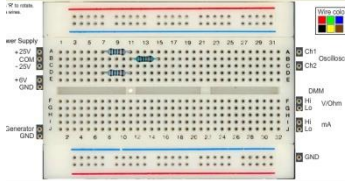
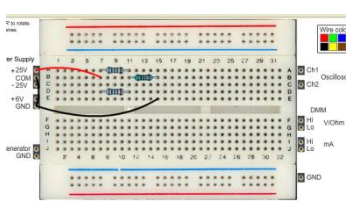
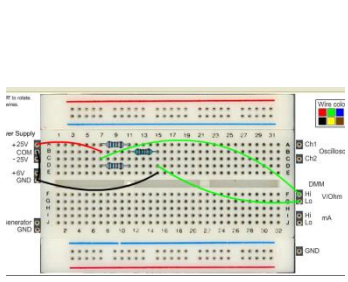
MONTAJE	TRAZAS	EXPLICACIÓN	TIPO
	<pre><circuit> R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k</pre>	<p>Sólo hay componentes conectados.</p>	<p>M: el análisis indica que se trata de un ejercicio de montaje de circuitos.</p>
	<pre><circuit> W_X DC_+25V A7 W_X 0 A15 W_X DC_COM 0 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k</pre>	<p>Mismo circuito anterior al que se ha añadido la fuente.</p>	<p>Mismo ejercicio de montaje de circuitos.</p>
	<pre><circuit> W_X DC_+25V A7 W_X 0 A15 W_X DC_COM 0 W_X DMM_VHI A7 W_X DMM_VLO A15 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="dc volts"/></pre>	<p>Mismo circuito anterior al que se ha añadido el multímetro en paralelo. Tiene todos los componentes. El multímetro está configurado para medir voltios DC.</p>	<p>V: el análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de voltajes.</p>

Tabla 5.2 Casos de prueba para determinar el tipo de un ejercicio. (Cont.)

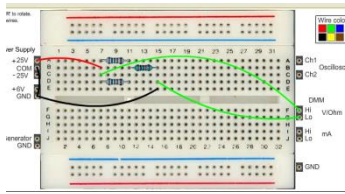
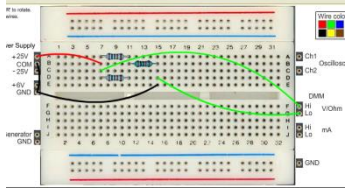
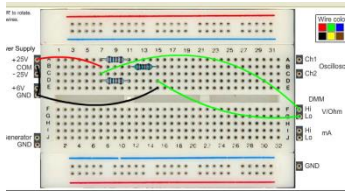
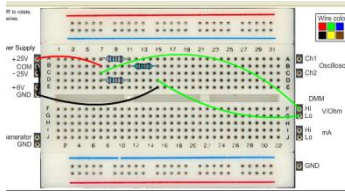
MONTAJE	TRAZAS	EXPLICACIÓN	TIPO
	<pre> <circuit> W_X DC_+25V A7 W_X 0 A15 W_X DC_COM 0 W_X DMM_VHI A7 W_X DMM_VLO A15 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="ac volts"/> </pre>		
	<pre> <circuit> W_X DC_+25V A7 W_X 0 A15 W_X DC_COM 0 W_X DMM_VHI A7 W_X DMM_VLO A15 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="resistance"/> </pre>	<p>Mismos circuitos en la <i>Breadboard</i>, pero la configuración del multímetro no es adecuada para medir voltaje DC, por lo que es incorrecta.</p>	<p>ERROR V: el análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de voltajes, pero el multímetro no está configurado del modo correcto.</p>
	<pre> <circuit> W_X DC_+25V A7 W_X 0 A15 W_X DC_COM 0 W_X DMM_VHI A7 W_X DMM_VLO A15 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter/> <dmm_function value="dc current"/> </pre>		
	<pre> <circuit> W_X DC_+25V A7 W_X 0 A15 W_X DC_COM 0 W_X DMM_VHI A7 W_X DMM_VLO A15 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter/> <dmm_function value="ac current"/> </pre>		

Tabla 5.2 Casos de prueba para determinar el tipo de un ejercicio. (Cont.)

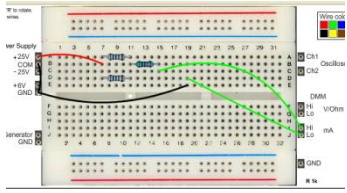
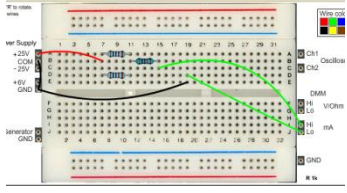
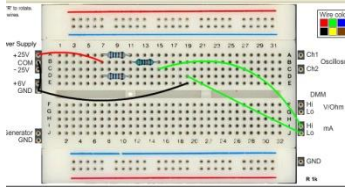
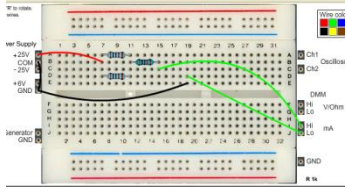
MONTAJE	TRAZAS	EXPLICACIÓN	TIPO
	<pre> <ircuit> W_X DC_+25V A7 W_X 0 A19 W_X DC_COM 0 W_X DMM_AHI A15 W_X DMM_ALO A19 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="dc current"/> </pre>	<p>Mismo circuito anterior pero con el multímetro conectado en serie para medir intensidad. Tiene todos los componentes. El multímetro está configurado para medir intensidad DC.</p>	<p>I: el análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de intensidades.</p>
	<pre> <ircuit> W_X DC_+25V A7 W_X 0 A19 W_X DC_COM 0 W_X DMM_AHI A15 W_X DMM_ALO A19 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="dc volts"/> </pre>		<p>ERROR</p>
	<pre> <ircuit> W_X DC_+25V A7 W_X 0 A19 W_X DC_COM 0 W_X DMM_AHI A15 W_X DMM_ALO A19 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="ac volts"/> </pre>	<p>Mismos circuitos en la Breadboard, pero la configuración del multímetro no es adecuada para medir intensidad DC, por lo que es incorrecta.</p>	<p>I: el análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de intensidades pero el multímetro no está configurado del modo correcto.</p>
	<pre> <ircuit> W_X DC_+25V A7 W_X 0 A19 W_X DC_COM 0 W_X DMM_AHI A15 W_X DMM_ALO A19 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="resistance"/> </pre>		

Tabla 5.2 Casos de prueba para determinar el tipo de un ejercicio. (Cont.)

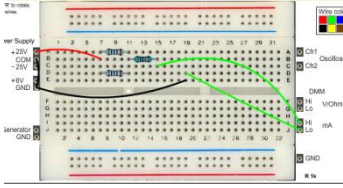
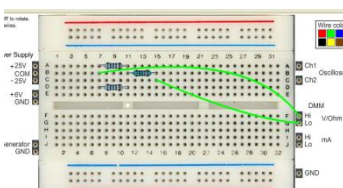
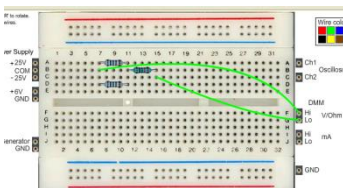
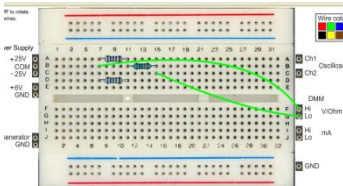
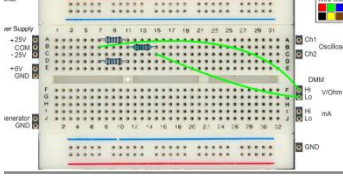
MONTAJE	TRAZAS	EXPLICACIÓN	TIPO
	<pre><circuit> W_X DC_+25V A7 W_X 0 A19 W_X DC_COM 0 W_X DMM_AHI A15 W_X DMM_ALO A19 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="ac current"/></pre>	<p>Mismos circuitos en la <i>Breadboard</i>, pero la configuración del multímetro no es adecuada para medir intensidad DC, por lo que es incorrecta.</p>	<p>ERROR I: el análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de intensidades pero el multímetro no está configurado del modo correcto.</p>
	<pre><circuit> W_X DMM_VHI A7 W_X DMM_VLO A15 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="resistance"/></pre>	<p>Sólo hay componentes conectados y multímetro (no hay fuente). El multímetro está configurado para medir resistencias.</p>	<p>R: el análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de resistencias.</p>
	<pre><circuit> W_X DMM_VHI A7 W_X DMM_VLO A15 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="dc volts"/></pre>	<p>Mismos circuitos en la <i>Breadboard</i>, pero la configuración del multímetro no es adecuada para medir resistencias, por lo que es incorrecta.</p>	<p>ERROR R: El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de resistencias, pero el multímetro no está configurado del modo correcto.</p>
	<pre><circuit> W_X DMM_VHI A7 W_X DMM_VLO A15 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="ac volts"/></pre>	<p>Mismos circuitos en la <i>Breadboard</i>, pero la configuración del multímetro no es adecuada para medir resistencias, por lo que es incorrecta.</p>	<p>ERROR R: El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de resistencias, pero el multímetro no está configurado del modo correcto.</p>
	<pre><circuit> W_X DMM_VHI A7 W_X DMM_VLO A15 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="dc current"/></pre>	<p>Mismos circuitos en la <i>Breadboard</i>, pero la configuración del multímetro no es adecuada para medir resistencias, por lo que es incorrecta.</p>	<p>ERROR R: El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de resistencias, pero el multímetro no está configurado del modo correcto.</p>

Tabla 5.2 Casos de prueba para determinar el tipo de un ejercicio. (Cont.)

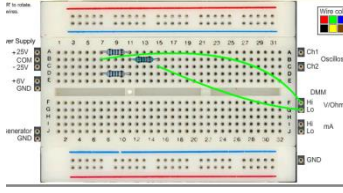
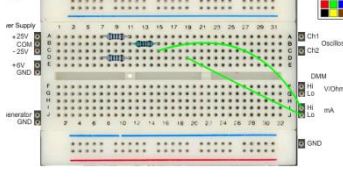
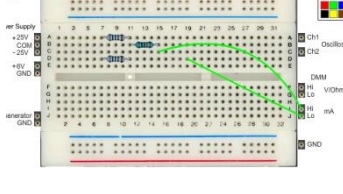
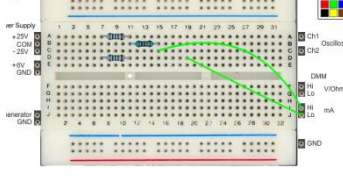
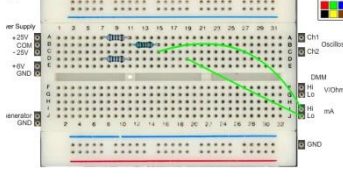
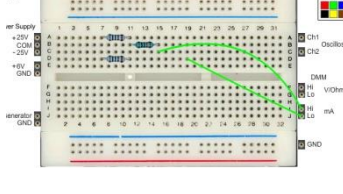
MONTAJE	TRAZAS	EXPLICACIÓN	TIPO
	<pre><ircuit> W_X DMM_VHI A7 W_X DMM_VLO A15 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="ac current"/></pre>	<p>Mismos circuitos en la <i>Breadboard</i>, pero la configuración del multímetro no es adecuada para medir resistencias, por lo que es incorrecta.</p>	
	<pre><ircuit> W_X DMM_AHI A15 W_X DMM_ALO A19 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="dc volts"/></pre>		<p>ERROR R: El análisis indica que se trata de un ejercicio de medición de resistencias, pero el multímetro no está configurado del modo correcto.</p>
	<pre><ircuit> W_X DMM_AHI A15 W_X DMM_ALO A19 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="ac volts"/></pre>	<p>Sólo hay componentes conectados y multímetro (no hay fuente). Pero el multímetro</p>	
	<pre><ircuit> W_X DMM_AHI A15 W_X DMM_ALO A19 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="resistance"/></pre>	<p>no está bien conectado en ninguno de los circuitos, ya que utiliza los conectores mA en lugar de los V/Ohm, y así no se</p>	
	<pre><ircuit> W_X DMM_AHI A15 W_X DMM_ALO A19 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="dc current"/></pre>	<p>pueden medir resistencias, con lo cual da igual la configuración del multímetro.</p>	
	<pre><ircuit> W_X DMM_AHI A15 W_X DMM_ALO A19 R_X A7 A11 1k R_X A11 A15 10k R_X A7 A11 1k <multimeter> <dmm_function value="ac current"/></pre>		

Tabla 5.2 Casos de prueba para determinar el tipo de un ejercicio. (Cont.)

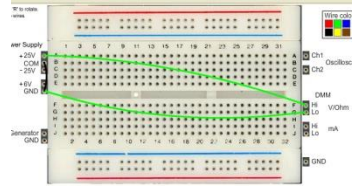
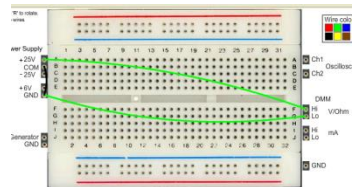
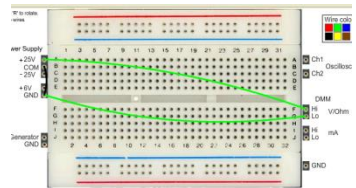
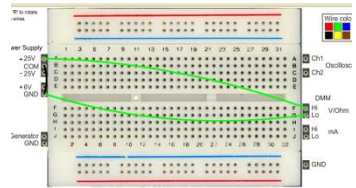
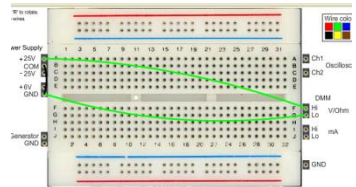
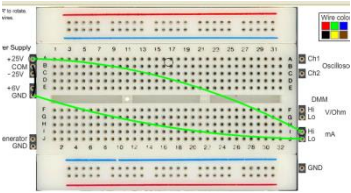
MONTAJE	TRAZAS	EXPLICACIÓN	TIPO
	<pre><circuit> W_X DMM_VHI DC_+25V W_X DMM_VLO 0 W_X DC_COM 0 <multimeter> <dmm_function value="dc volts"/></pre>	<p>Sólo hay fuente y multímetro. El multímetro está configurado para medir voltios DC.</p>	<p>F: el análisis indica que se trata de un ejercicio de medición del voltaje de la fuente de alimentación.</p>
	<pre><circuit> W_X DMM_VHI DC_+25V W_X DMM_VLO 0 W_X DC_COM 0 <multimeter> <dmm_function value="ac volts"/></pre>		<p>ERROR</p>
	<pre><circuit> W_X DMM_VHI DC_+25V W_X DMM_VLO 0 W_X DC_COM 0 <multimeter> <dmm_function value="resistance"/></pre>	<p>Mismos circuitos en la <i>Breadboard</i>, pero la configuración del multímetro no es adecuada para medir voltios DC,</p>	<p>pero el multímetro no está configurado del modo correcto.</p>
	<pre><circuit> W_X DMM_VHI DC_+25V W_X DMM_VLO 0 W_X DC_COM 0 <multimeter> <dmm_function value="dc current"/></pre>	<p>por lo que es incorrecta.</p>	
	<pre><circuit> W_X DMM_VHI DC_+25V W_X DMM_VLO 0 W_X DC_COM 0 <multimeter> <dmm_function value="ac current"/></pre>		

Tabla 5.2 Casos de prueba para determinar el tipo de un ejercicio. (Cont.)

MONTAJE	TRAZAS	EXPLICACIÓN	TIPO
	<pre> <circuit> W_X DMM_AHI DC_ +25V W_X DMM_ALO 0 W_X DC_COM 0 <multimeter> <dmm_function value="dc volts"/> </pre>	<p>Aunque también hay sólo fuente y multímetro, éste no está conectado para medir voltios, ya que se utilizan sus conectores de intensidad. Además del mensaje de la aplicación, al intentar ejecutarlo, el propio VISIR produce un error.</p>	<p>ERROR DEL SISTEMA + ERROR F: el análisis indica que se trata de un ejercicio de medición del voltaje de la fuente de alimentación, pero el multímetro no está configurado del modo correcto.</p>

Cuando el laboratorio remoto VISIR detecta un error que puede dañar al propio laboratorio, como sucede en el último caso de la Tabla 5.2, el usuario es avisado mediante una pantalla como la de la Fig.5.1, además de disponer del mensaje de error que le proporciona la aplicación.

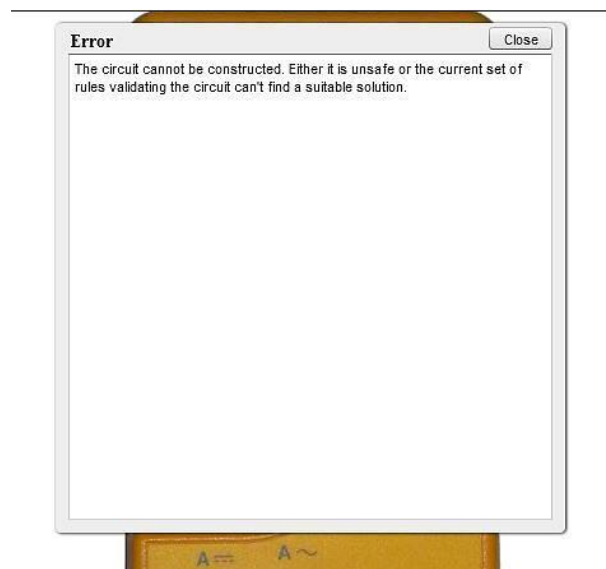


Figura 5.1 Mensaje de error que devuelve VISIR cuando se intenta ejecutar un circuito que puede dañar el laboratorio.

5.2.3 Resultados de la comparación cualitativa entre ejercicios

En el apartado 4.1.3.2 se exponían las condiciones que tienen que cumplir dos ejercicios para ser considerados iguales, en cuanto a tipo y configuración del circuito y configuración del multímetro y de la fuente de alimentación. Una vez comparados los ejercicios de profesor y de estudiante se mostraban los puntos de igualdad y los de diferencia en el apartado 4.1.4.2 y el diseño ya implementado en el apartado 4.3.3.2 (Fig.4.21). Entonces se realizaba la explicación con un único ejemplo y ahora se presenta la validación para todos los tipos de casos posibles. Esta es la segunda retroalimentación que se proporciona al estudiante y al profesor para mostrar los puntos de igualdad y diferencia entre ejercicios en términos de competencias e indicadores. Cabe destacar una vez más que para la correcta validación del módulo, el juego de ensayo suministrado al modelo ha sido obtenido del trabajo realizado por los alumnos con VISIR, aunque comprobando que existen ejemplos para validar todos los posibles tipos de ejercicios.

Así, se muestra primero en la Fig.5.2 la imagen completa de la ficha que aparece al comparar dos ejercicios, pero con todos los ítems vacíos: estos son los que cambiarán en cada comparación. Posteriormente, en las Tablas 5.3 a 5.8 se muestran los ejemplos seleccionados de entre todo el juego de ensayo que permiten considerar todos los tipos de casos que pueden darse al realizar un ejercicio. Cada tabla se refiere a un tipo de ejercicio concreto de entre los que ha determinado el algoritmo del apartado anterior (montaje, medición de resistencias, etc.). Primero se muestra el ejercicio realizado por el profesor para un enunciado dado y a continuación los ejercicios realizados por estudiantes para ese mismo enunciado y la comparación que realiza el sistema entre ambos ejercicios en cada caso. Como ejercicios del profesor se ha elegido uno de cada tipo (Tabla 4.3) y como ejercicios de los alumnos: ejercicios análogos para ver que las características que muestra el sistema son las mismas; ejercicios que a simple vista son diferentes, para ver cómo muestra el sistema esas diferencias; y ejercicios que parecen iguales observando la *Breadboard*, pero que son diferentes en su configuración. De entre los ejercicios de los alumnos se han elegido aquellos que sólo contienen un error para observar con mayor facilidad la respuesta asociada a cada uno.

Comparación ejercicios

CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados.

Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR

P A

Indicador 1: Implementa el circuito pedido

- Elige todos los componentes que forman parte del circuito
- Conecta los componentes en serie o paralelo según corresponda

Indicador 2: Alimenta el circuito

- Elige el voltaje pedido de la fuente de alimentación
- Realiza la conexión para alimentar el circuito

Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resistencia/s

- Conecta el multímetro en los terminales a medir
- No alimenta el circuito
- Inserta las puntas de prueba del multímetro en el conector de V/Ohm
- Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de Ohm

Indicador 4: Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos

- Conecta el multímetro en los terminales a medir (paralelo)
- Alimenta el circuito
- Inserta las puntas de prueba del multímetro en el conector de V/Ohm
- Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de V(CC)

Indicador 5: Mide la intensidad de una rama del circuito

- Conecta el multímetro dentro de la rama a medir (serie)
- Alimenta el circuito
- Inserta las puntas de prueba del multímetro en el conector de mA
- Selecciona el valor de la ruleta del multímetro en la posición de A(CC)

Figura 5.2 Ficha de comparación completa con los indicadores y descriptores que se comparan.

Tabla 5.3 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de montaje de circuitos.

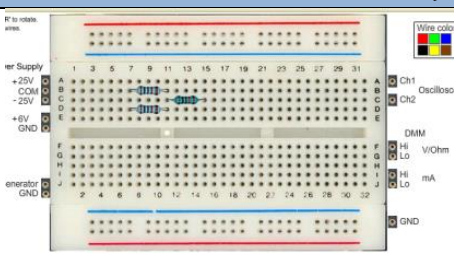
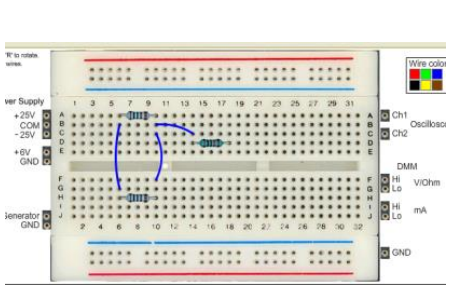
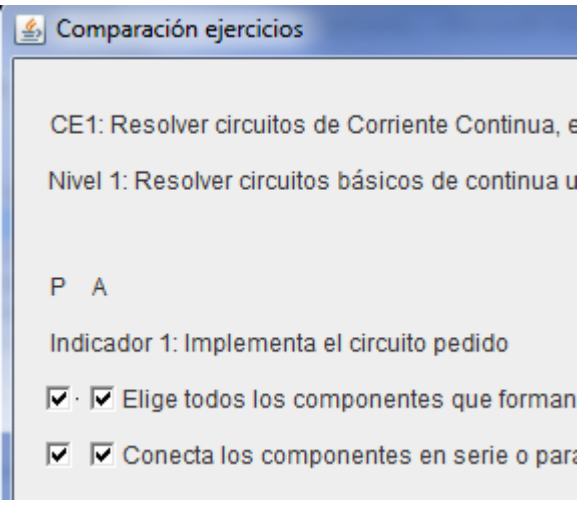
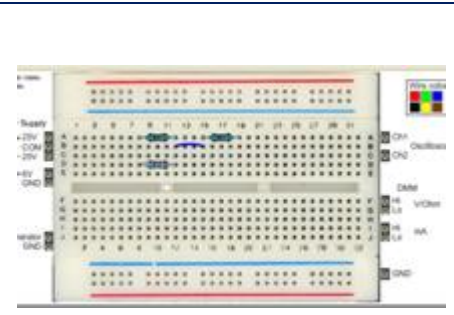
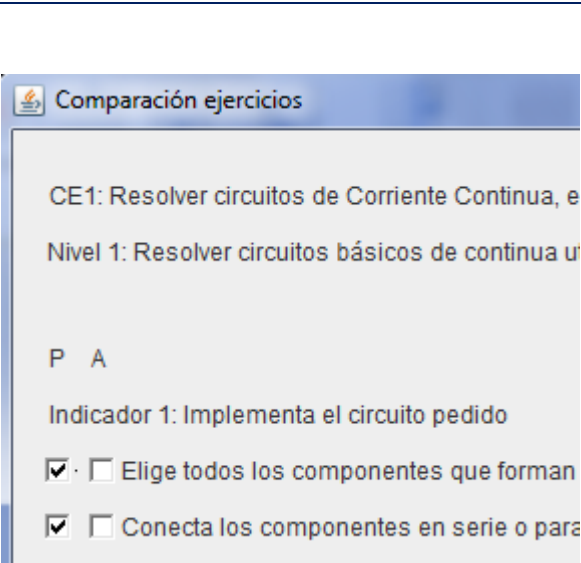
EJERCICIO PROFESOR	
	<p>Ejercicio de montaje de circuitos: el profesor ha realizado un circuito con dos resistencias de 1k en paralelo entre ellas y una resistencia de 10k en serie con el conjunto.</p>
EJERCICIOS ESTUDIANTES	COMPARACIÓN
	
<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias (mismo valor y número) y conectadas del mismo modo, el circuito es análogo al del profesor, aunque utilice más cables o la posición en la <i>Breadboard</i> sea diferente.</p>	
	
<p>Si el alumno no elige bien las resistencias (en este caso hay dos de 10k y una de 1k) el circuito implementado no es el mismo, y si los componentes no coinciden, aunque la tipología sea la misma, no se considera que estén bien conectados.</p>	

Tabla 5.3 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de montaje de circuitos. (Cont.)

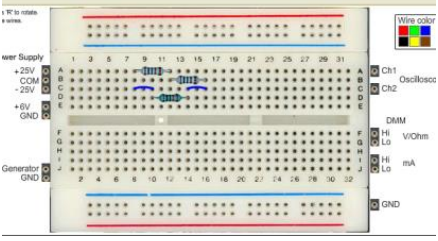
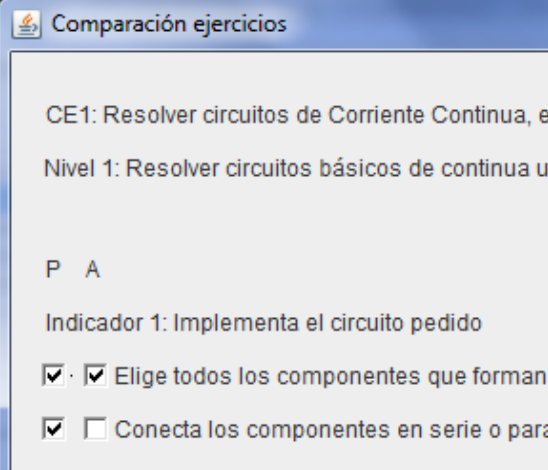
EJERCICIOS ESTUDIANTES	COMPARACIÓN
 <p>Si el alumno ha elegido las resistencias correctamente pero no las ha conectado del mismo modo que el profesor se considera un error de configuración del circuito.</p>	 <p>Comparación ejercicios</p> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, e Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua u</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para</p>

Tabla 5.4 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de montaje de circuitos con fuente de alimentación.

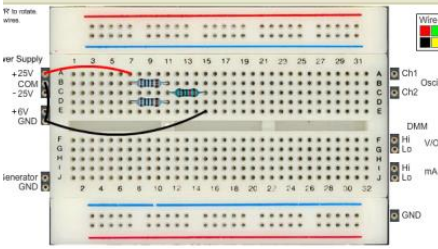
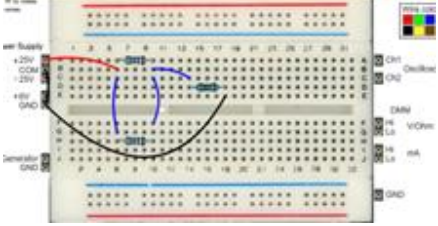
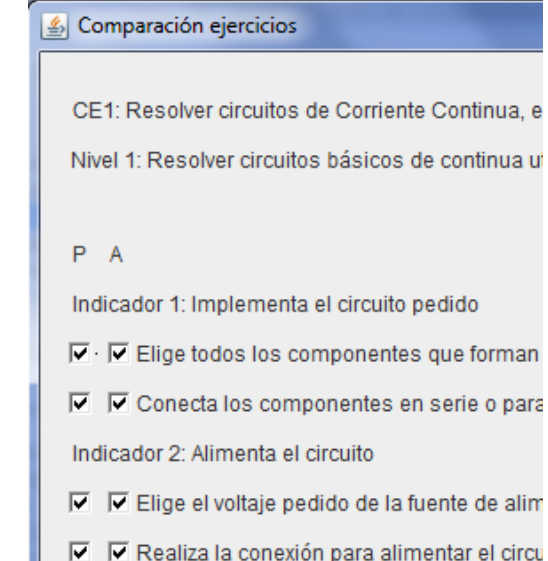
EJERCICIO PROFESOR	
	<p>Ejercicio de montaje de circuito con fuente de alimentación: se utiliza el mismo montaje anterior (dos resistencias de 1k y una de 10k), pero con la fuente de alimentación conectada y configurada con +5V DC. Como no hay multímetro para medir sigue siendo un ejercicio de montaje de circuitos.</p>
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
 <p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito y con el mismo valor de voltaje, el circuito es análogo al del profesor.</p>	 <p>Comparación ejercicios</p> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, e Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua u</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para</p> <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu</p>

Tabla 5.4 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de montaje de circuitos con fuente de alimentación. (Cont.)

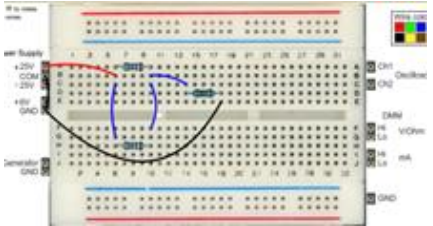
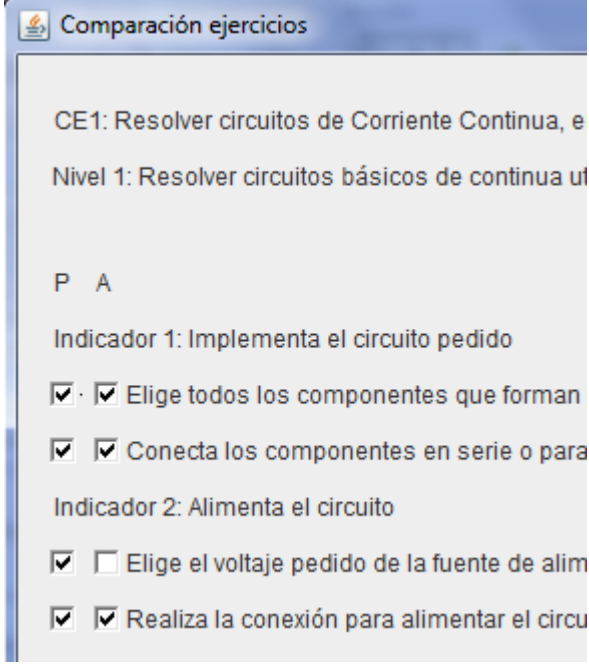
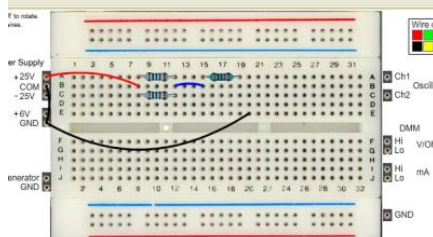
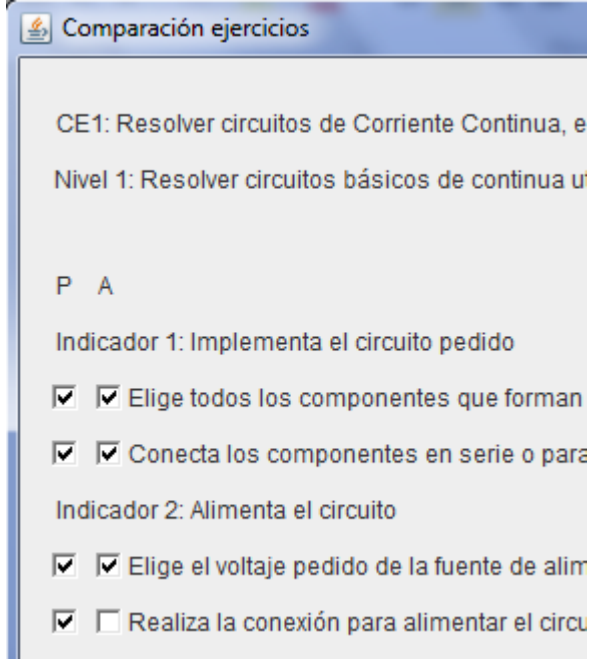
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
 <p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito pero su valor de voltaje es diferente (p.e. +8V DC), el ejercicio no es igual.</p>	 <p>Comparación ejercicios</p> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, e Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua ut</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu
 <p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación con el mismo valor de voltaje, pero no está conectada en los mismos puntos del circuito (en el ejemplo está movida una columna) la alimentación del circuito no es del todo correcta.</p>	 <p>Comparación ejercicios</p> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, e Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua ut</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu

Tabla 5.5 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de medición de voltaje.

EJERCICIO PROFESOR	
	<p>Ejercicio de medición de voltaje en R3: se utiliza el mismo montaje anterior (dos resistencias de 1k y una de 10k), con la fuente de alimentación conectada y configurada con +5V DC, y se ha añadido el multímetro conectado al circuito en dos puntos, y configurado para medir voltaje.</p>
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito y con el mismo valor de voltaje, y el multímetro conectado en los mismos puntos y con la misma configuración, el circuito es análogo al del profesor.</p>	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>Comparación ejercicios</p> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, e Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua ut</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu <p>Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resisten</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> No alimenta el circuito <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímet <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímet <p>Indicador 4: Mide la caída de tensión (voltaje) ent</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Alimenta el circuito <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímet <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímet </div>

Tabla 5.5. Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de medición de voltaje. (Cont.)

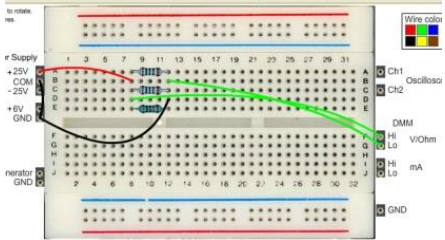
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
 <p>Si el alumno ha elegido las resistencias correctamente pero no las ha conectado del mismo modo que el profesor se considera un error de configuración del circuito. Como las resistencias no forman el mismo circuito el multímetro tampoco está conectado en los puntos adecuados del mismo.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Comparación ejercicios</p> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, e</p> <p>Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua ut</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu <p>Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resisten</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> No alimenta el circuito <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímet <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímet <p>Indicador 4: Mide la caída de tensión (voltaje) ent</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Alimenta el circuito <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímet <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímet </div>

Tabla 5.5. Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de medición de voltaje. (Cont.)

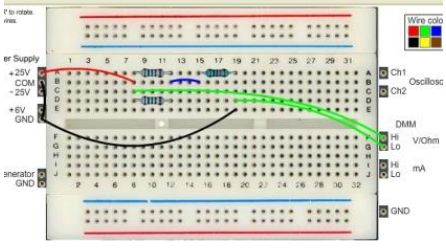
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
 <p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito y con el mismo valor de voltaje, pero el multímetro no está conectado en los mismos puntos del circuito, se considera un error al medir la caída de tensión.</p>	<div data-bbox="758 369 1348 1579"> <p>Comparación ejercicios</p> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, e Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua ut</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu <p>Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resisten</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> No alimenta el circuito <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímet <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímet <p>Indicador 4: Mide la caída de tensión (voltaje) ent</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Alimenta el circuito <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímet <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímet </div>

Tabla 5.6 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de medición de intensidad.

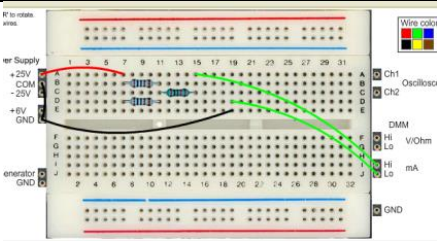
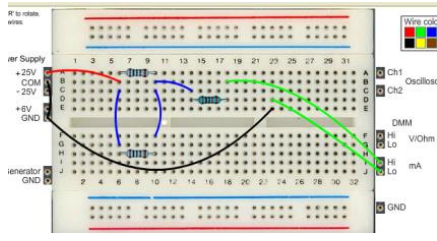
EJERCICIO PROFESOR	
	<p>Ejercicio de medición de la intensidad total del circuito: se utiliza el mismo montaje anterior (dos resistencias de 1k y una de 10k), la fuente de alimentación conectada y configurada con +5V DC, y el multímetro conectado en serie con el circuito en un punto determinado, y configurado para medir intensidad.</p>
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
 <p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito y con el mismo valor de voltaje, y el multímetro conectado en el mismo punto y con la misma configuración, el circuito es análogo al del profesor.</p>	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; background-color: #f9f9f9;"> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">Comparación ejercicios</p> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, en</p> <p>Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua ut</p> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu <p>Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resisten</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> No alimenta el circuito <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímetr <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímetr <p>Indicador 4: Mide la caída de tensión (voltaje) ent</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alimenta el circuito <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímetr <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímetr <p>Indicador 5: Mide la intensidad de una rama del c</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta el multímetro dentro de la rama a <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Alimenta el circuito <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímetr <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímetr </div>

Tabla 5.6 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de medición de intensidad. (Cont.)

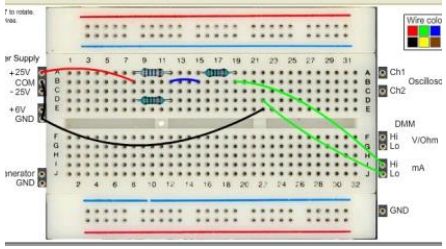
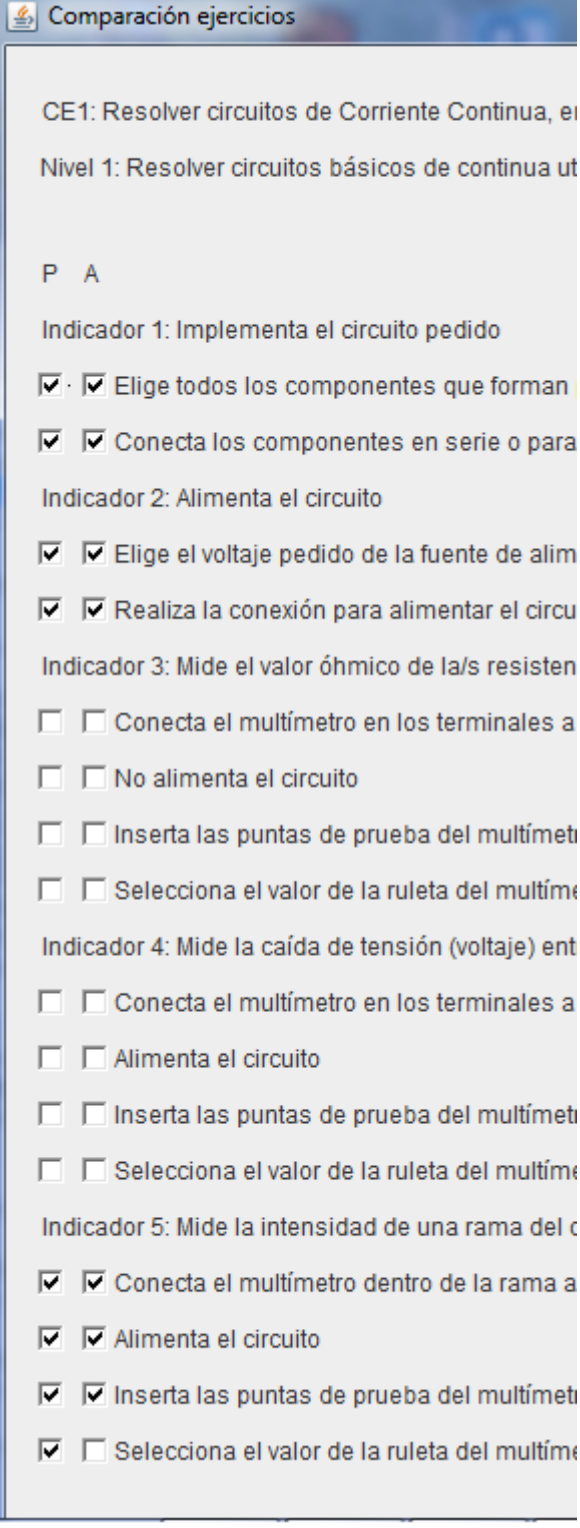
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
 <p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito y con el mismo valor de voltaje, y el multímetro conectado en el mismo punto pero su configuración no es para medir intensidad, se considera que está mal configurado.</p>	 <p>Comparación ejercicios</p> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, en Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua ut</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu <p>Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resisten</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> No alimenta el circuito <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímetr <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímetr <p>Indicador 4: Mide la caída de tensión (voltaje) ent</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alimenta el circuito <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímetr <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímetr <p>Indicador 5: Mide la intensidad de una rama del c</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta el multímetro dentro de la rama a <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Alimenta el circuito <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímetr <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímetr

Tabla 5.6 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de medición de intensidad. (Cont)

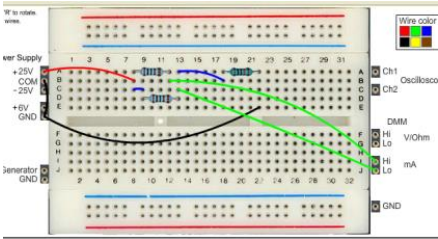
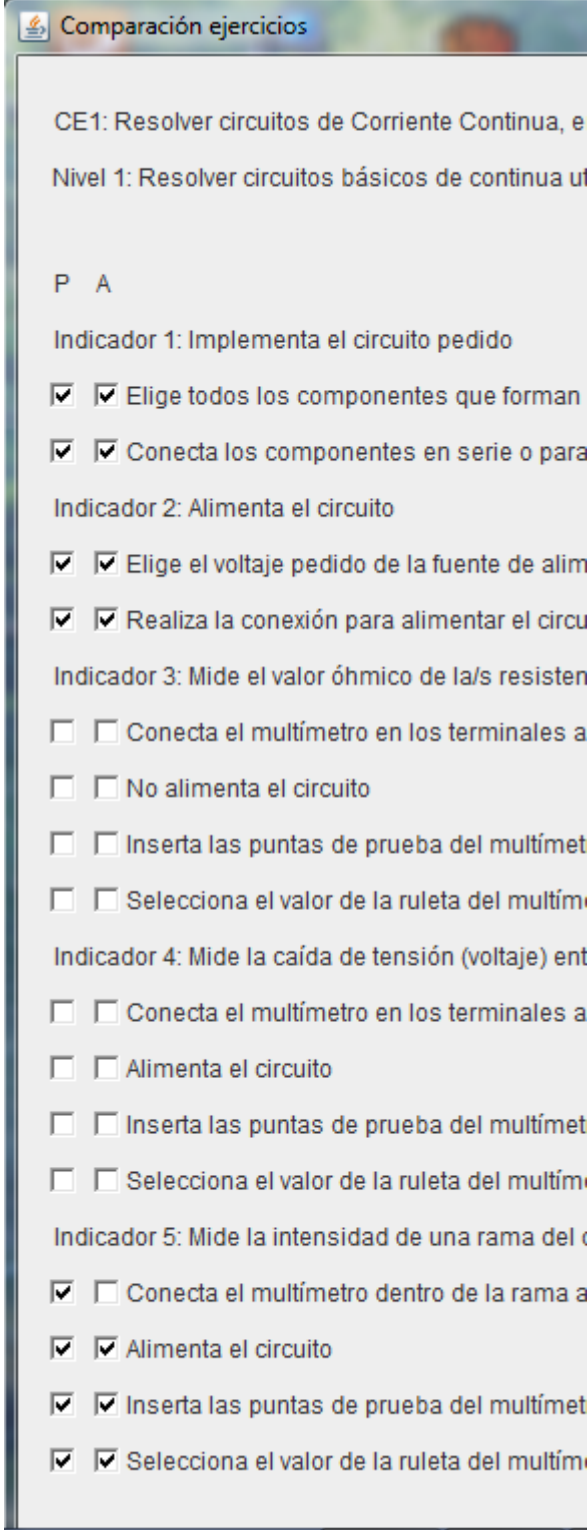
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
 <p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito y con el mismo valor de voltaje, pero el multímetro no está conectado en la misma rama del circuito, se considera un error al medir la intensidad.</p>	 <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, e Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua ut</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu <p>Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resisten</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> No alimenta el circuito <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímet <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímet <p>Indicador 4: Mide la caída de tensión (voltaje) ent</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alimenta el circuito <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímet <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímet <p>Indicador 5: Mide la intensidad de una rama del c</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro dentro de la rama a <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Alimenta el circuito <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímet <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímet

Tabla 5.6 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de medición de intensidad. (Cont.)

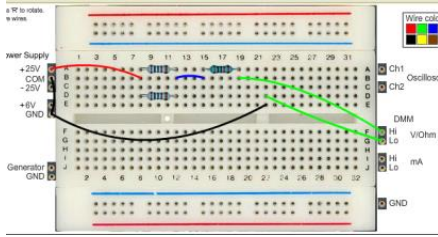
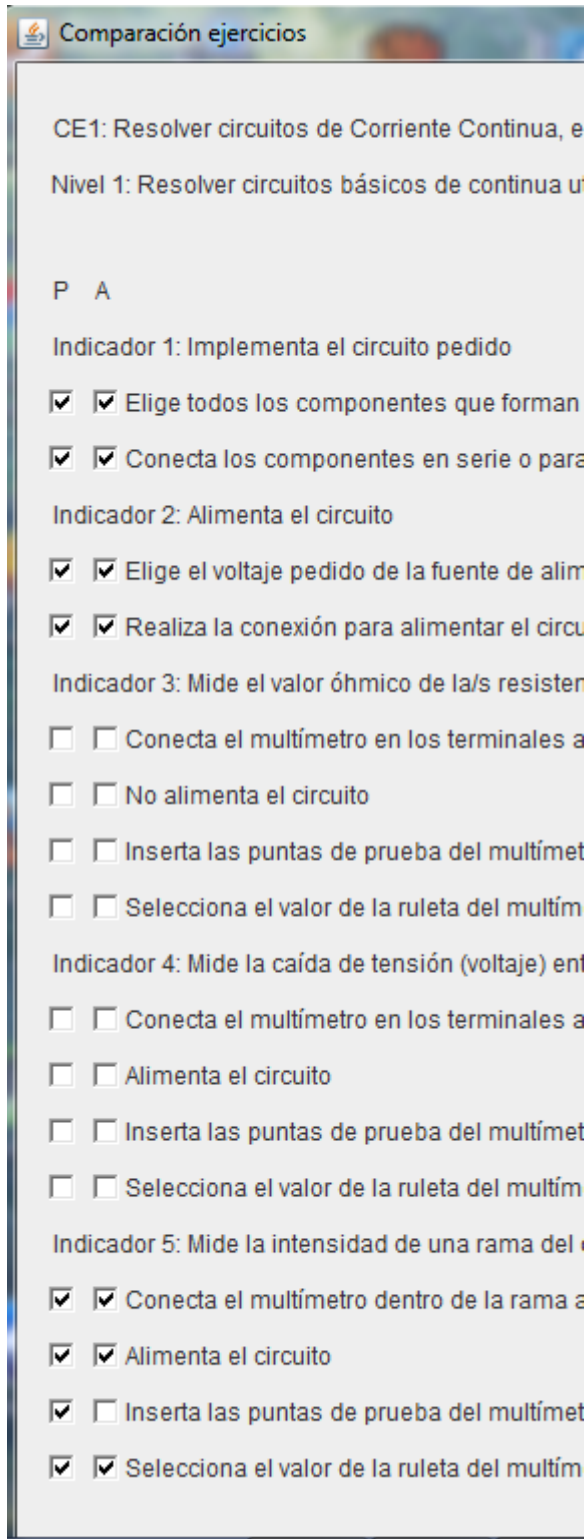
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
 <p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito y con el mismo valor de voltaje, y el multímetro conectado en el mismo punto y configurado para medir intensidad, pero las puntas de prueba están insertadas en el conector V/Ohm en lugar de en mA, se considera que está mal configurado.</p>	 <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, e Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua u</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alimentación <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circuito <p>Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resistencias</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> No alimenta el circuito <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímetro <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímetro <p>Indicador 4: Mide la caída de tensión (voltaje) en</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Alimenta el circuito <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímetro <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímetro <p>Indicador 5: Mide la intensidad de una rama del</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta el multímetro dentro de la rama a <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Alimenta el circuito <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímetro <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímetro

Tabla 5.7 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de medición de resistencias.

EJERCICIO PROFESOR	
	<p>Ejercicio de medición de la resistencia total del circuito: se utiliza el mismo montaje anterior (dos resistencias de 1k y una de 10k), pero sin fuente de alimentación, y con el multímetro conectado en paralelo entre dos puntos y configurado para medir resistencias.</p>
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, sin la fuente de alimentación, y con el multímetro conectado en los mismos puntos y con la misma configuración, el circuito es análogo al del profesor.</p>	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; background-color: #f9f9f9;"> <p style="text-align: center;">Comparación ejercicios</p> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, e Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua ut</p> <p style="text-align: center;">P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu <p>Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resisten</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> No alimenta el circuito <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímet <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímet </div>

Tabla 5.7 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de medición de resistencias. (Cont.)

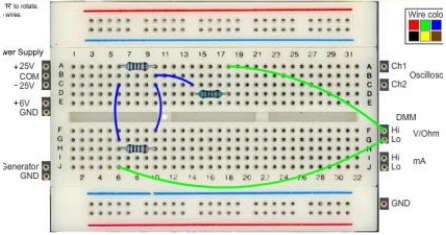
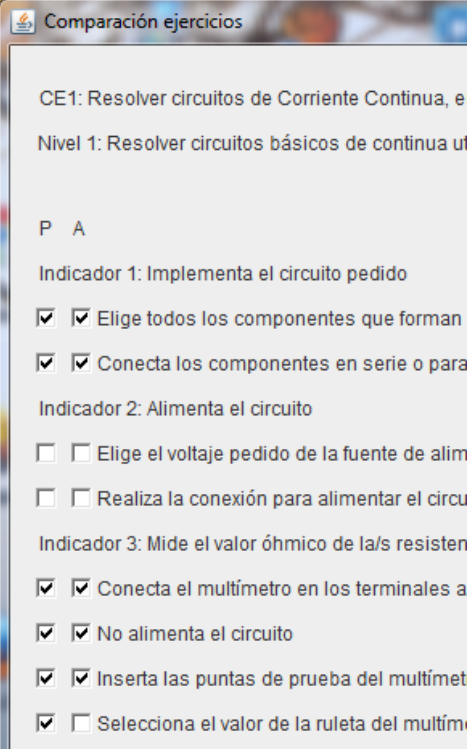
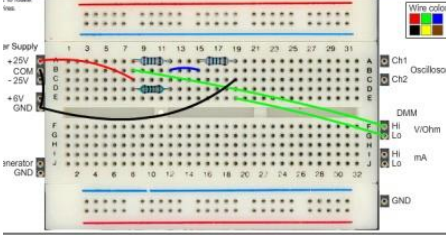
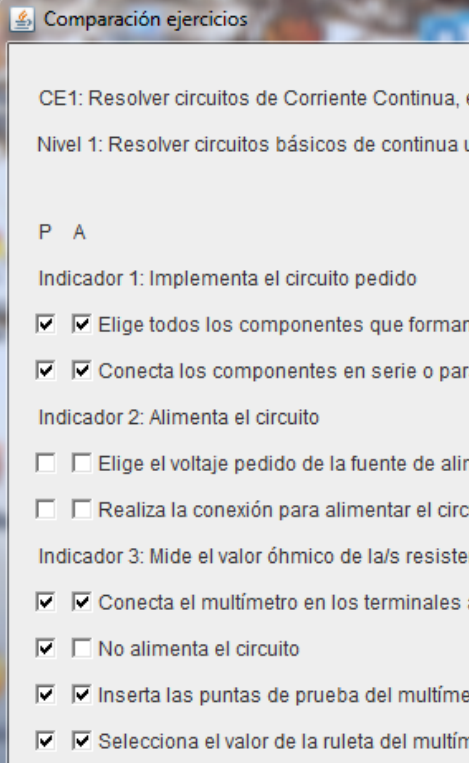
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
 <p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, sin fuente y con el multímetro conectado en el mismo punto pero su configuración no es para medir resistencias, se considera que está mal configurado.</p>	 <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, e Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua ut</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu <p>Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resisten</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> No alimenta el circuito <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímet <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímet
 <p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con el multímetro conectado en el mismo punto y con la misma configuración, pero ha conectado la fuente de alimentación, el tipo de ejercicio del alumno es diferente que el del profesor (no es de medición de resistencias).</p>	 <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, e Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua ut</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu <p>Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resisten</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> No alimenta el circuito <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímet <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímet

Tabla 5.7 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de medición de resistencias. (Cont.)

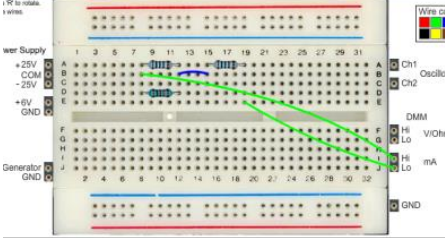
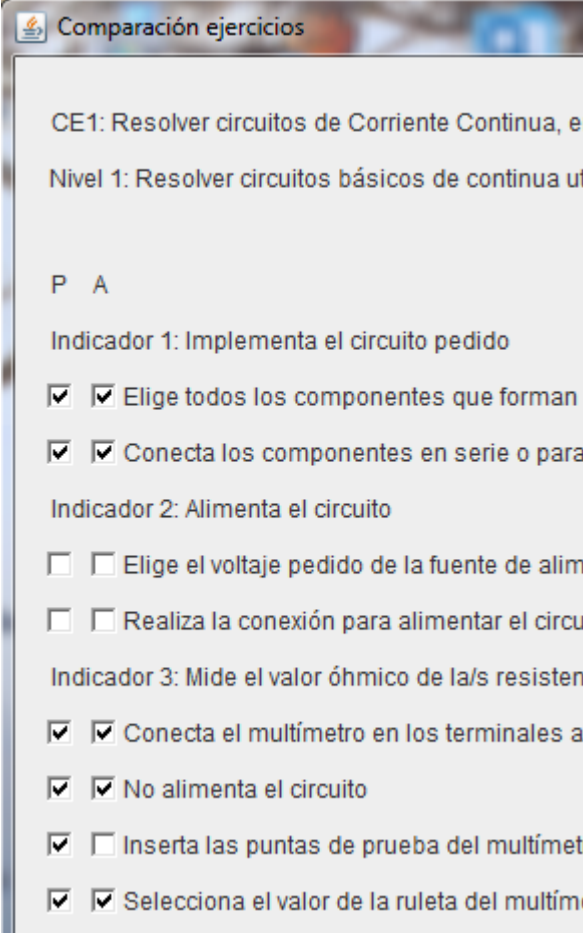
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
 <p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, sin fuente de alimentación, y con el multímetro conectado en el mismo punto y configurado para medir resistencia, pero las puntas de prueba están insertadas en el conector mA en lugar de en V/Ohm, se considera que está mal configurado.</p>	 <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, e Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua ut</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu <p>Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resisten</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> No alimenta el circuito <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímet <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímet

Tabla 5.8 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de comprobación del voltaje de la fuente de alimentación.

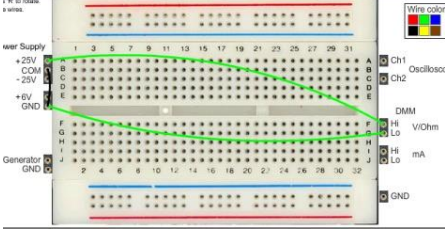
EJERCICIO PROFESOR	
	<p>Ejercicio de comprobación del voltaje de la fuente de alimentación: el circuito sólo tiene la fuente de alimentación con un determinador voltaje y el multímetro configurado para medir voltios.</p>

Tabla 5.8 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de comprobación del voltaje de la fuente de alimentación. (Cont.)

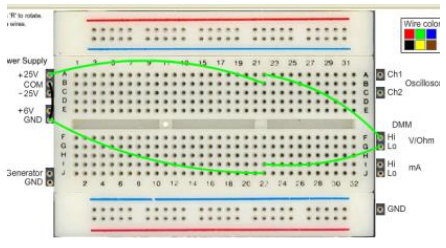
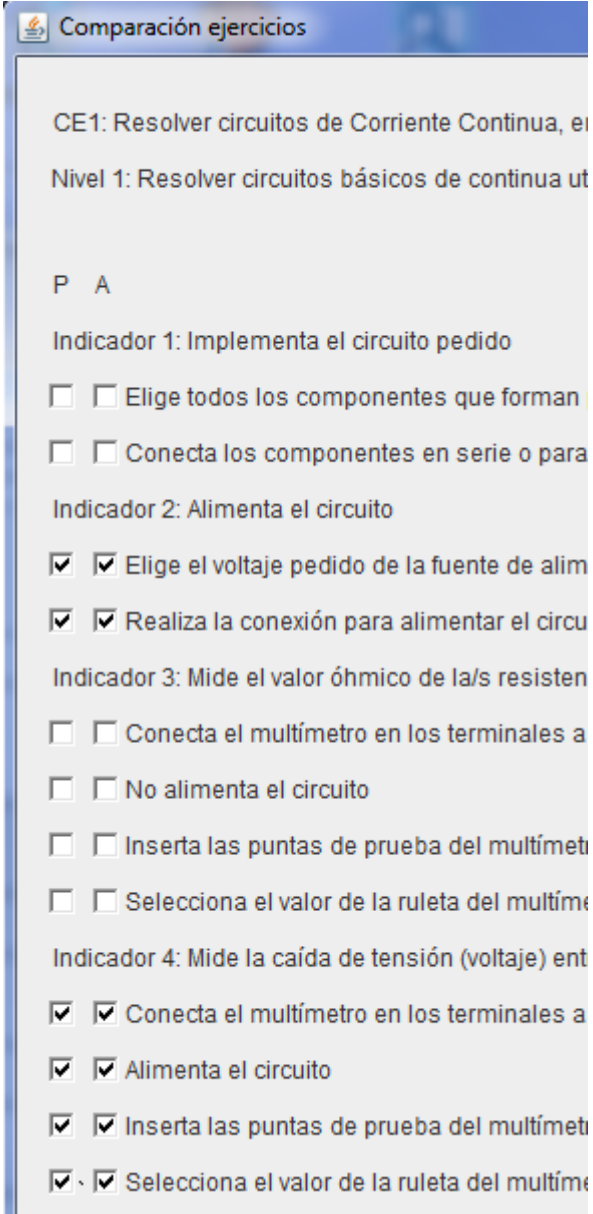
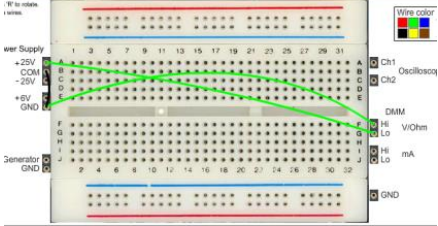
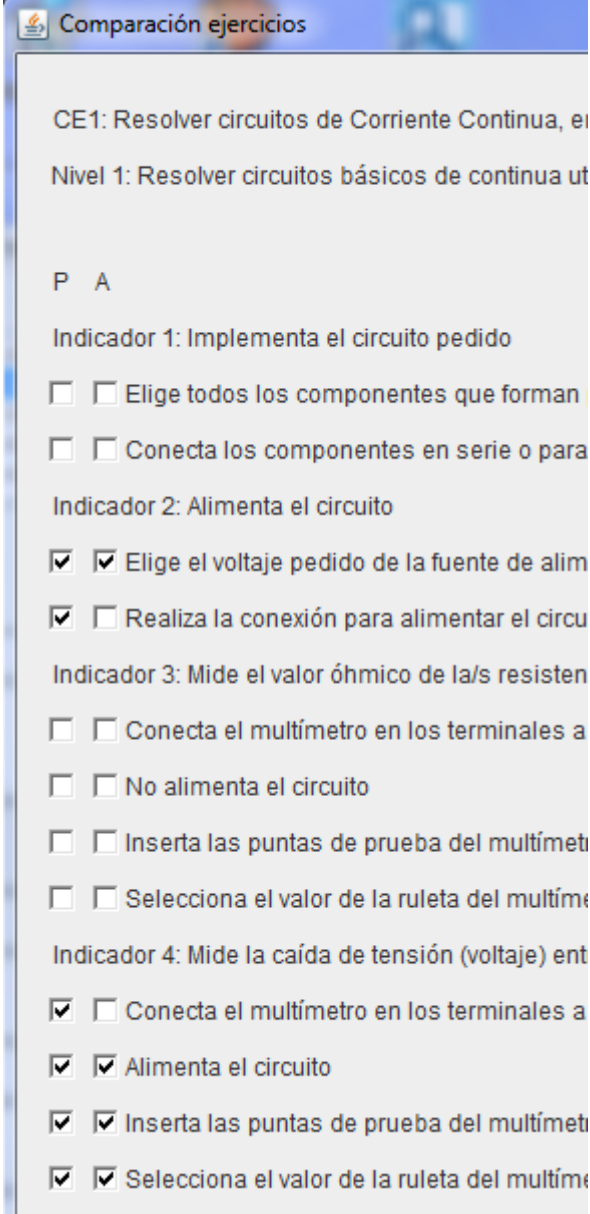
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
 <p>Si el ejercicio del estudiante sólo tiene fuente de alimentación con el mismo voltaje que la del ejercicio del profesor y el multímetro conectado a ella de la misma forma y configurado para medir voltaje, aunque existan cables intermedios, el circuito es análogo al del profesor.</p>	 <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, en Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua ut</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu <p>Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resisten</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> No alimenta el circuito <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímetr <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímetr <p>Indicador 4: Mide la caída de tensión (voltaje) ent</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Alimenta el circuito <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímetr <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímetr

Tabla 5.8 Casos de prueba para comprobar la igualdad de ejercicios de comprobación del voltaje de la fuente de alimentación. (Cont.)

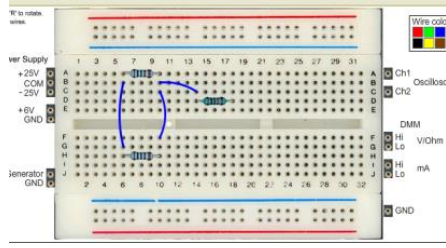
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
 <p>Si el ejercicio del estudiante sólo tiene fuente de alimentación con el mismo voltaje que la del ejercicio del profesor y el multímetro está conectado a ella con las puntas de prueba al revés, el multímetro no está conectado en los terminales adecuados, o la fuente no está conectada adecuadamente al circuito. El mismo hecho genera un doble fallo, que el profesor puede no tener en cuenta utilizando la ficha de evaluación adecuada.</p>	 <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, en Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua ut</p> <p>P A</p> <p>Indicador 1: Implementa el circuito pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Elige todos los componentes que forman <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta los componentes en serie o para <p>Indicador 2: Alimenta el circuito</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Elige el voltaje pedido de la fuente de alim <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Realiza la conexión para alimentar el circu <p>Indicador 3: Mide el valor óhmico de la/s resisten</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> No alimenta el circuito <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímetr <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímetr <p>Indicador 4: Mide la caída de tensión (voltaje) ent</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Conecta el multímetro en los terminales a <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Alimenta el circuito <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Inserta las puntas de prueba del multímetr <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Selecciona el valor de la ruleta del multímetr

5.2.4 Resultados cuantitativos de los ejercicios

Los resultados presentados hasta el momento sobre el tipo y la configuración del circuito y la comparación entre los ejercicios del profesor y del estudiante proporcionan retroalimentación formativa al profesor y al estudiante. En este apartado se muestra cómo además el sistema puede proporcionar retroalimentación sumativa si el profesor determina los indicadores y

Tabla 5.9 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de montaje de circuitos. (Cont.)

EJERCICIOS ESTUDIANTES



Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias (mismo valor y número) y conectadas del mismo modo, el circuito es análogo al del profesor, aunque utilice más cables o la posición en la *Breadboard* sea diferente. Esto se traduce en una calificación de 10 si la ficha de evaluación ha sido bien completada.

Ficha de evaluación

CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados
Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VSR

10.0

5 (de...)

4

3

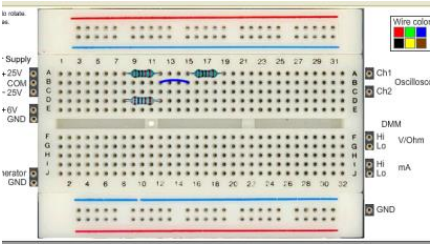
2

1

INDICADORES		DESCRIPTORES				
Implementa el circuito pedido	100.0	Elige todos los componentes que...	50.0	Elige todos los componentes que...	30.0	
Alimenta el circuito	0.0	Conecta los componentes en serie...	0.0	NO Conecta los componentes en...	0.0	
Mide el valor óhmico de las resistencias	0.0					
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	0.0					
Mide la intensidad de una rama del circuito	0.0					

Tabla 5.9 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de montaje de circuitos. (Cont.)

EJERCICIOS ESTUDIANTES



Si el alumno no elige bien las resistencias (en este caso hay dos de 10k y una de 1k) el circuito implementado no es el mismo, y si los componentes no coinciden, aunque la tipología sea la misma, no se considera que estén bien conectados. La calificación depende de los descriptores elegidos en cada nivel y de la ponderación asignada.

Fecha de evaluación

CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados
Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR

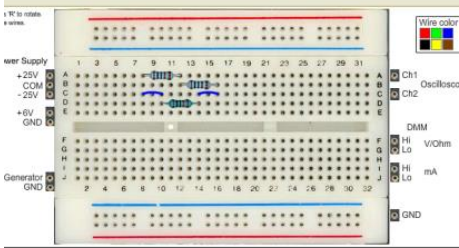
0.0

5 (Re...

INDICADORES	1	2	3	4	5 (Re...
Implementa el circuito pedido	100.0	NO Elige todos los componentes ...	NO Conecta los componentes en ...		0.0
Alimenta el circuito	0.0				0.0
Mide el valor óhmico de las resistencias	0.0				0.0
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	0.0				0.0
Mide la intensidad de una rama del circuito	0.0				0.0

Tabla 5.9 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de montaje de circuitos. (Cont.)

EJERCICIOS ESTUDIANTES



Si el alumno ha elegido las resistencias correctamente pero no las ha conectado del mismo modo que el profesor se considera un error de configuración del circuito. La calificación depende de los descriptores elegidos en cada nivel y de la ponderación asignada.

INDICADORES	DESCRPTORES				
	1	2	3	4	5 (de...)
<p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados</p> <p>Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR</p>	3.0				
Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que...	NO Elige todos los componentes...	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...
	100.0	50.0	30.0	0.0	0.0
Alimenta el circuito	Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...	NO Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mide el valor óhmico de las resistencias					
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos					
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mide la intensidad de una rama del circuito					
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 5.10 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de montaje de circuitos con fuente de alimentación.

EJERCICIO PROFESOR

Ejercicio de montaje de circuito con fuente de alimentación y una posible ficha de evaluación completada por el profesor.

Se utiliza el mismo montaje anterior (dos resistencias de 1k y una de 10k), pero con la fuente de alimentación conectada y configurada con +5V DC. Como no hay multímetro para medir sigue siendo un ejercicio de montaje de circuitos.

Ficha de evaluación
CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados
Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR

INDICADORES	1	2	3	4	5 (de...)
Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que ... [100]	NO Elige todos los componentes ... [50.0]	Elige todos los componentes que ... [50.0]	Elige todos los componentes que ... [50.0]	[0.0]
	Conecta los componentes en seri... [100]	Conecta los componentes en seri... [50.0]	NO Conecta los componentes en seri... [50.0]	NO Conecta los componentes en seri... [50.0]	[0.0]
Alimenta el circuito	Elige el voltaje pedido de la fuente... [100]	NO Elige el voltaje pedido de la fuente... [50.0]	Elige el voltaje pedido de la fuente... [50.0]	Elige el voltaje pedido de la fuente... [50.0]	[0.0]
	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	[0.0]
Mide el valor óhmico de las resistencias	[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]
[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]
[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]
Mide la intensidad de una rama del circuito	[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]
[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]	[0.0]

Tabla 5.10 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de montaje de circuitos con fuente de alimentación. (Cont.)

EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
	<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito y con el mismo valor de voltaje, el circuito es análogo al del profesor. Esto se traduce en una calificación de 10 si la ficha de evaluación ha sido bien completada.</p>

Tabla 5.10 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de montaje de circuitos con fuente de alimentación. (Cont.)

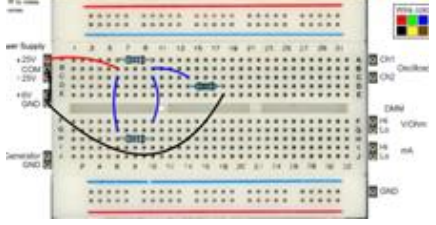
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN																																																																														
	<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito pero su valor de voltaje es diferente (p.e. +8V DC), el ejercicio no es igual. La calificación depende de los descriptores elegidos en cada nivel y de la ponderación asignada.</p>																																																																														
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="font-size: small;">Ficha de evaluación</div> <div style="text-align: center;"> <p>7.5</p> </div> <div style="font-size: small;">5 (de...)</div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p style="font-size: x-small; text-align: center;">CET: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR</p> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%;">1</th> <th style="width: 15%;">2</th> <th style="width: 15%;">3</th> <th style="width: 15%;">4</th> <th style="width: 15%;">5 (de...)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center; font-weight: bold;">DESCRIPTORES</td> </tr> <tr> <td style="font-weight: bold;">INDICADORES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Implementa el circuito pedido</td> <td>Elige todos los componentes que ...</td> <td>Elige todos los componentes que ...</td> <td>Elige todos los componentes que ...</td> <td>Elige todos los componentes que ...</td> <td>Elige todos los componentes que ...</td> </tr> <tr> <td>50.0</td> <td>Conecta los componentes en seri...</td> <td>Conecta los componentes en seri...</td> <td>NO Conecta los componentes en ...</td> <td>NO Conecta los componentes en ...</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alimenta el circuito</td> <td>Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> <td>Elige el voltaje pedido de la fue...</td> <td>Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> <td>Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> <td></td> </tr> <tr> <td>50.0</td> <td>Alimenta el circuito</td> <td>Alimenta el circuito</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mide el valor óhmico de las resistencias</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div>			1	2	3	4	5 (de...)	DESCRIPTORES						INDICADORES						Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que ...	Elige todos los componentes que ...	Elige todos los componentes que ...	Elige todos los componentes que ...	Elige todos los componentes que ...	50.0	Conecta los componentes en seri...	Conecta los componentes en seri...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...		Alimenta el circuito	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fue...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...		50.0	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito		Mide el valor óhmico de las resistencias						0.0						Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos						0.0						Mide la intensidad de una rama del circuito						0.0					
	1	2	3	4	5 (de...)																																																																										
DESCRIPTORES																																																																															
INDICADORES																																																																															
Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que ...	Elige todos los componentes que ...	Elige todos los componentes que ...	Elige todos los componentes que ...	Elige todos los componentes que ...																																																																										
50.0	Conecta los componentes en seri...	Conecta los componentes en seri...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...																																																																											
Alimenta el circuito	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fue...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...																																																																											
50.0	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito																																																																											
Mide el valor óhmico de las resistencias																																																																															
0.0																																																																															
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos																																																																															
0.0																																																																															
Mide la intensidad de una rama del circuito																																																																															
0.0																																																																															

Tabla 5.10 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de montaje de circuitos con fuente de alimentación. (Cont.)

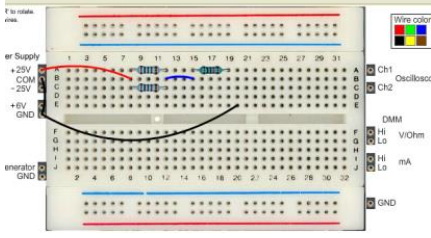
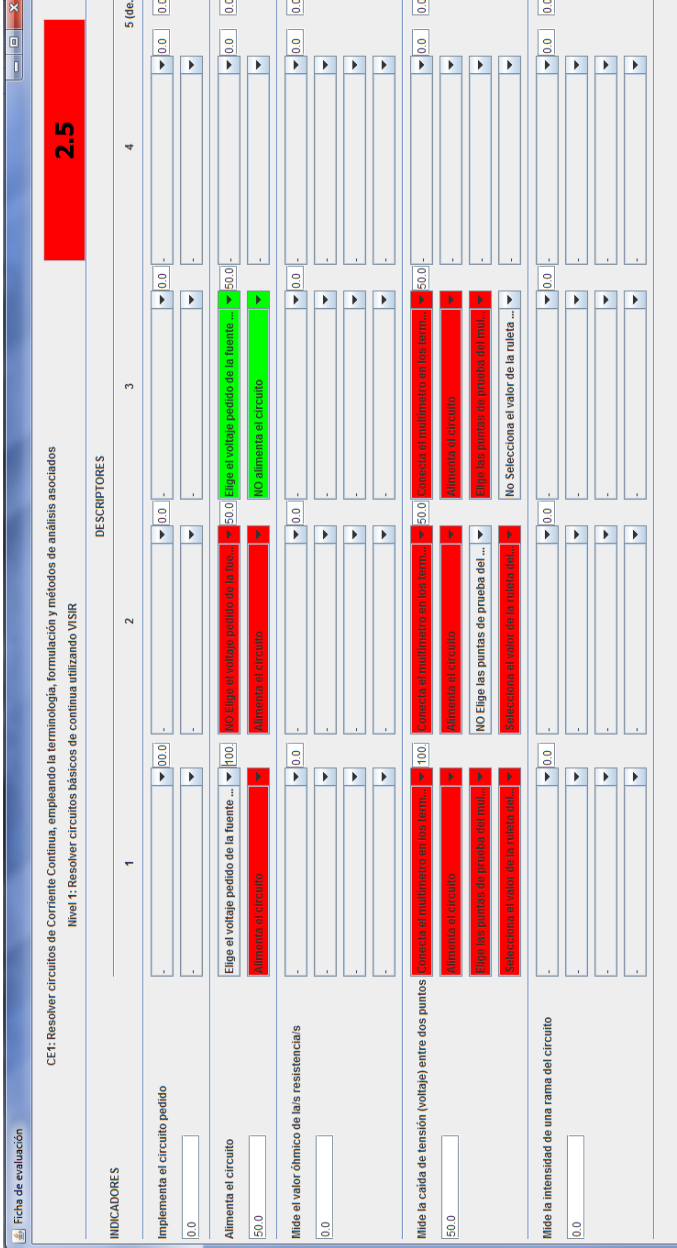
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN																																				
	<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación con el mismo valor de voltaje, pero no está conectada en los mismos puntos del circuito (en el ejemplo está movida una columna) la alimentación del circuito no es del todo correcta. La calificación depende de los descriptores elegidos en cada nivel y de la ponderación asignada.</p>																																				
 <p>Ficha de evaluación</p> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR</p> <p>2.5</p> <p>INDICADORES</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5 (de...)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Implementa el circuito pedido</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Alimenta el circuito</td> <td>50.0</td> <td>NO Elige el voltaje pedido de la fuente ... Alimenta el circuito</td> <td>50.0</td> <td>Elige el voltaje pedido de la fuente ... NO alimenta el circuito</td> <td>50.0</td> </tr> <tr> <td>Mide el valor óhmico de las resistencias</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td>50.0</td> <td>Conecta el multímetro en los terminales ... Alimenta el circuito</td> <td>50.0</td> <td>Conecta el multímetro en los terminales ... Alimenta el circuito</td> <td>50.0</td> </tr> <tr> <td>Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td>0.0</td> <td>Elige las puntas de prueba del multímetro ... Selecciona el valor de la lectura dada.</td> <td>NO Elige las puntas de prueba del multímetro ... Selecciona el valor de la lectura dada.</td> <td>Elige las puntas de prueba del multímetro ... No selecciona el valor de la lectura dada.</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5 (de...)	Implementa el circuito pedido	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Alimenta el circuito	50.0	NO Elige el voltaje pedido de la fuente ... Alimenta el circuito	50.0	Elige el voltaje pedido de la fuente ... NO alimenta el circuito	50.0	Mide el valor óhmico de las resistencias	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	50.0	Conecta el multímetro en los terminales ... Alimenta el circuito	50.0	Conecta el multímetro en los terminales ... Alimenta el circuito	50.0	Mide la intensidad de una rama del circuito	0.0	Elige las puntas de prueba del multímetro ... Selecciona el valor de la lectura dada.	NO Elige las puntas de prueba del multímetro ... Selecciona el valor de la lectura dada.	Elige las puntas de prueba del multímetro ... No selecciona el valor de la lectura dada.	0.0	
	1	2	3	4	5 (de...)																																
Implementa el circuito pedido	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																																
Alimenta el circuito	50.0	NO Elige el voltaje pedido de la fuente ... Alimenta el circuito	50.0	Elige el voltaje pedido de la fuente ... NO alimenta el circuito	50.0																																
Mide el valor óhmico de las resistencias	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																																
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	50.0	Conecta el multímetro en los terminales ... Alimenta el circuito	50.0	Conecta el multímetro en los terminales ... Alimenta el circuito	50.0																																
Mide la intensidad de una rama del circuito	0.0	Elige las puntas de prueba del multímetro ... Selecciona el valor de la lectura dada.	NO Elige las puntas de prueba del multímetro ... Selecciona el valor de la lectura dada.	Elige las puntas de prueba del multímetro ... No selecciona el valor de la lectura dada.	0.0																																

Tabla 5.11 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de voltaje.

EJERCICIO PROFESOR

Ejercicio de medición de voltaje en R3 y una posible ficha de evaluación completada por el profesor.

Se utiliza el mismo montaje anterior (dos resistencias de 1k y una de 10k), la fuente de alimentación conectada y configurada con +5V DC, y se ha añadido el multímetro conectado al circuito en dos puntos, y configurado para medir voltaje.

	1	2	3	4	5 (de...)
INDICADORES					
Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que... > 100	NO Elige todos los componentes ... > 50.0	Elige todos los componentes que... > 50.0	Elige todos los componentes que... > 50.0	Elige todos los componentes que... > 50.0
25.0	Conecta los componentes en seri... >	Conecta los componentes en seri... >	NO Conecta los componentes en ... >	NO Conecta los componentes en ... >	NO Conecta los componentes en ... >
Alimenta el circuito	Elige el voltaje pedido de la fuente... > 100	NO Elige el voltaje pedido de la fue... > 50.0	Elige el voltaje pedido de la fuente... > 50.0	Elige el voltaje pedido de la fuente... > 50.0	Elige el voltaje pedido de la fuente... > 50.0
25.0	Alimenta el circuito >	Alimenta el circuito >	NO alimenta el circuito >	NO alimenta el circuito >	NO alimenta el circuito >
Mide el valor óhmico de las resistencias	0.0 >	0.0 >	0.0 >	0.0 >	0.0 >
0.0	0.0 >	0.0 >	0.0 >	0.0 >	0.0 >
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Conecta el multímetro en los term... > 100	NO Conecta el multímetro en los L... > 75.0	Conecta el multímetro en los term... > 25.0	Conecta el multímetro en los term... > 25.0	Conecta el multímetro en los term... > 25.0
50.0	Alimenta el circuito >	Alimenta el circuito >	Alimenta el circuito >	Alimenta el circuito >	Alimenta el circuito >
	Elige las puntas de prueba del mu... >	Elige las puntas de prueba del mu... >	NO Elige las puntas de prueba del mu... >	Elige las puntas de prueba del mu... >	Elige las puntas de prueba del mu... >
	Selecciona el valor de la ruleta de... >	Selecciona el valor de la ruleta de... >	Selecciona el valor de la ruleta de... >	No Selecciona el valor de la ruleta... >	No Selecciona el valor de la ruleta... >
Mide la intensidad de una rama del circuito	0.0 >	0.0 >	0.0 >	0.0 >	0.0 >
0.0	0.0 >	0.0 >	0.0 >	0.0 >	0.0 >
	0.0 >	0.0 >	0.0 >	0.0 >	0.0 >

Tabla 5.11 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de voltaje. (Cont.)

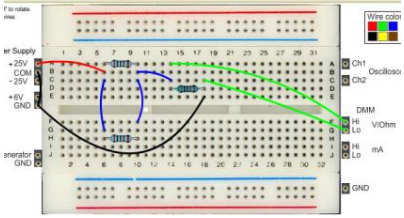
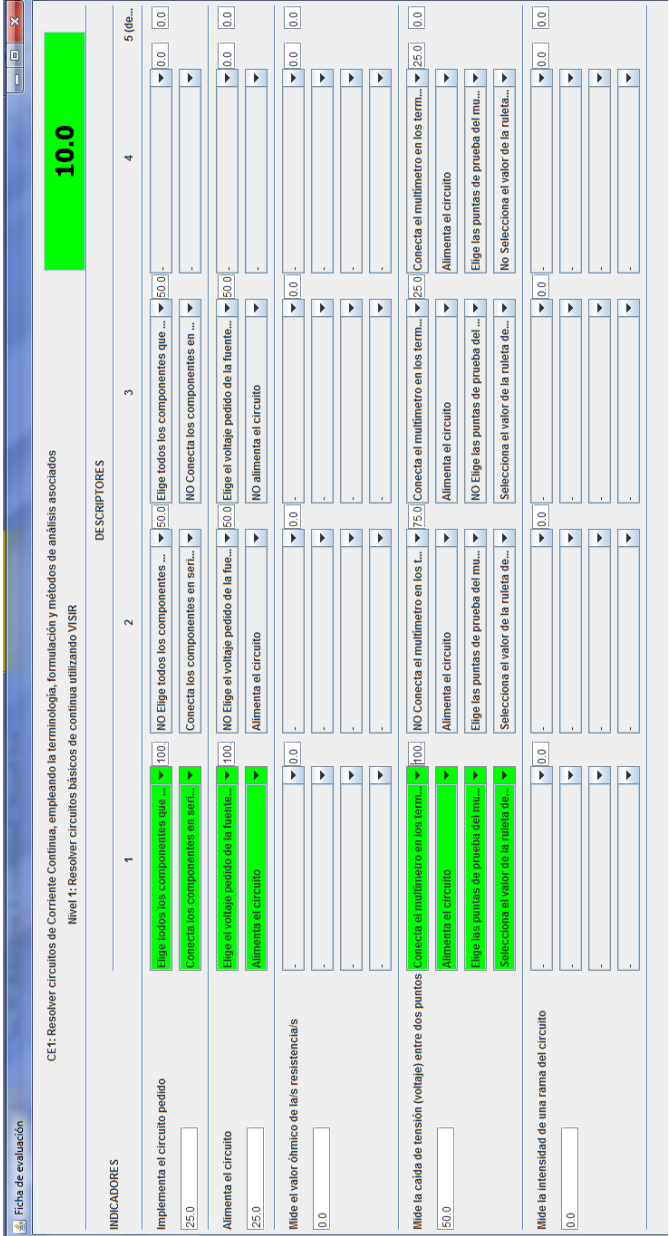
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN																																																																																										
	<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito y con el mismo valor de voltaje, y el multímetro conectado en los mismos puntos y con la misma configuración, el circuito es análogo al del profesor.</p> <p>Esto se traduce en una calificación de 10 si la ficha de evaluación ha sido bien completada.</p>																																																																																										
 <p>Ficha de evaluación</p> <p>CF1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VSIR</p> <p>10.0</p> <p>DESCRPTORES</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>INDICADORES</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5 (eje...)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Implementa el circuito pedido</td> <td>100</td> <td>50.0</td> <td>Elige todos los componentes que ...</td> <td>50.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>25.0</td> <td>Conecta los componentes en serie...</td> <td>NO Conecta los componentes en ...</td> <td>NO Conecta los componentes en ...</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alimenta el circuito</td> <td>100</td> <td>50.0</td> <td>Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> <td>50.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>25.0</td> <td>Alimenta el circuito</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mide el valor óhmico de las resistencias</td> <td></td> <td>0.0</td> <td></td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td>100</td> <td>75.0</td> <td>Conecta el multímetro en los L...</td> <td>25.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>50.0</td> <td>Alimenta el circuito</td> <td>Alimenta el circuito</td> <td>Conecta el multímetro en los term...</td> <td>Alimenta el circuito</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Elige las puntas de prueba del mu...</td> <td>NO Elige las puntas de prueba del ...</td> <td>Elige las puntas de prueba del mu...</td> <td>Elige las puntas de prueba del mu...</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Selecciona el valor de la ruleta de...</td> <td>Selecciona el valor de la ruleta de...</td> <td>Selecciona el valor de la ruleta de...</td> <td>No Selecciona el valor de la ruleta...</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td></td> <td>0.0</td> <td></td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	INDICADORES	1	2	3	4	5 (eje...)	Implementa el circuito pedido	100	50.0	Elige todos los componentes que ...	50.0	0.0	25.0	Conecta los componentes en serie...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...			Alimenta el circuito	100	50.0	Elige el voltaje pedido de la fuente...	50.0	0.0	25.0	Alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito			Mide el valor óhmico de las resistencias		0.0		0.0	0.0	0.0												Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	100	75.0	Conecta el multímetro en los L...	25.0	0.0	50.0	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Conecta el multímetro en los term...	Alimenta el circuito			Elige las puntas de prueba del mu...	NO Elige las puntas de prueba del ...	Elige las puntas de prueba del mu...	Elige las puntas de prueba del mu...			Selecciona el valor de la ruleta de...	Selecciona el valor de la ruleta de...	Selecciona el valor de la ruleta de...	No Selecciona el valor de la ruleta...		Mide la intensidad de una rama del circuito		0.0		0.0	0.0	0.0												
INDICADORES	1	2	3	4	5 (eje...)																																																																																						
Implementa el circuito pedido	100	50.0	Elige todos los componentes que ...	50.0	0.0																																																																																						
25.0	Conecta los componentes en serie...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...																																																																																								
Alimenta el circuito	100	50.0	Elige el voltaje pedido de la fuente...	50.0	0.0																																																																																						
25.0	Alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito																																																																																								
Mide el valor óhmico de las resistencias		0.0		0.0	0.0																																																																																						
0.0																																																																																											
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	100	75.0	Conecta el multímetro en los L...	25.0	0.0																																																																																						
50.0	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Conecta el multímetro en los term...	Alimenta el circuito																																																																																							
	Elige las puntas de prueba del mu...	NO Elige las puntas de prueba del ...	Elige las puntas de prueba del mu...	Elige las puntas de prueba del mu...																																																																																							
	Selecciona el valor de la ruleta de...	Selecciona el valor de la ruleta de...	Selecciona el valor de la ruleta de...	No Selecciona el valor de la ruleta...																																																																																							
Mide la intensidad de una rama del circuito		0.0		0.0	0.0																																																																																						
0.0																																																																																											

Tabla 5.11 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de voltaje. (Cont.)

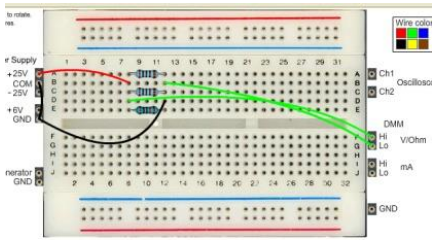
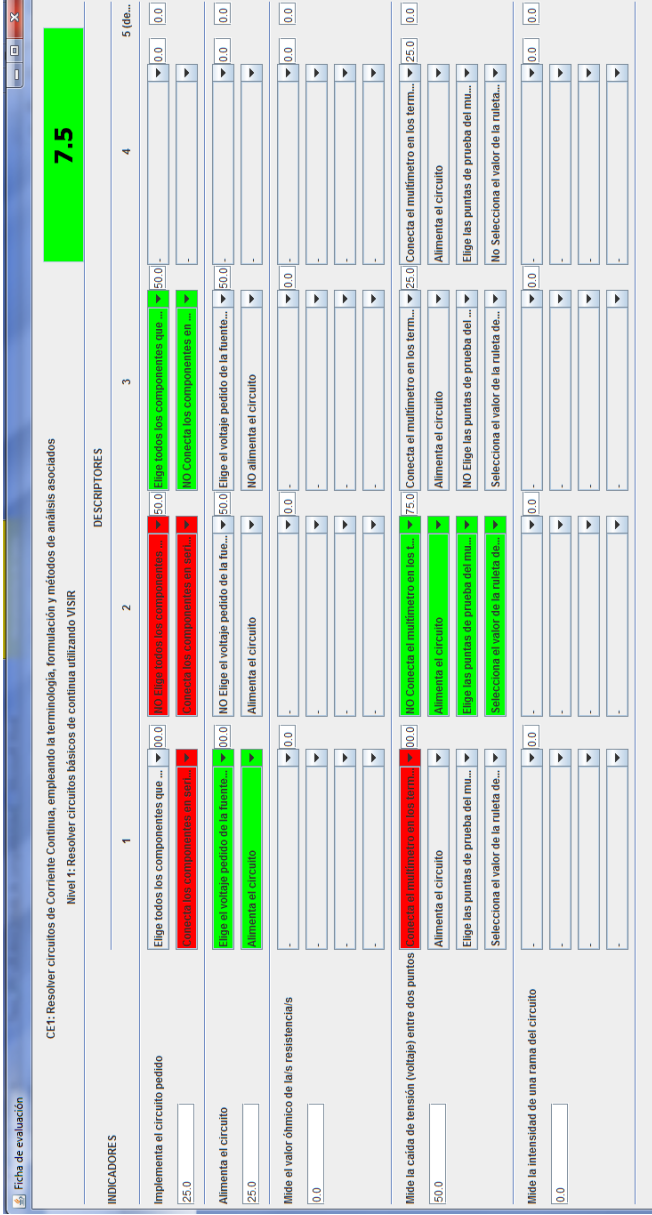
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN
	<p>Si el alumno ha elegido las resistencias correctamente pero no las ha conectado del mismo modo que el profesor se considera un error de configuración del circuito. Como las resistencias no forman el mismo circuito el multímetro tampoco está conectado en los puntos adecuados del mismo.</p> <p>La calificación depende de los descriptores elegidos en cada nivel y de la ponderación asignada.</p>
	

Tabla 5.11 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de voltaje. (Cont.)

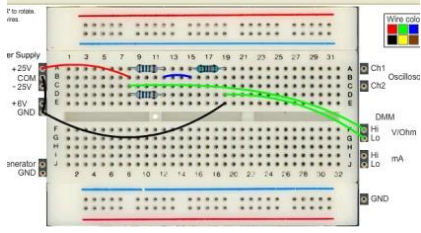
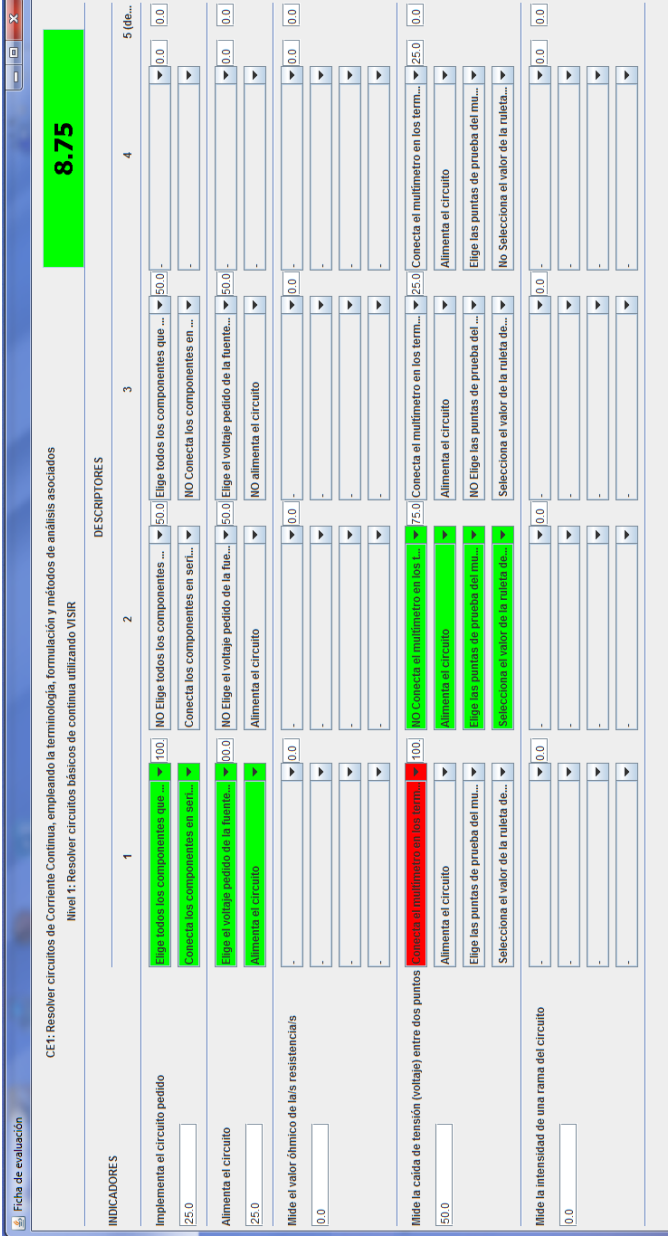
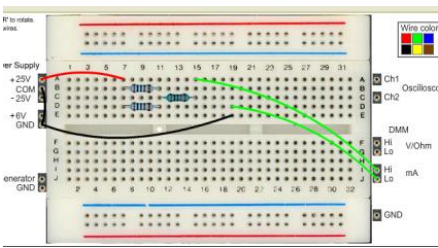
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN																																																																														
	<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito y con el mismo valor de voltaje, pero el multímetro no está conectado en los mismos puntos del circuito, se considera un error al medir la caída de tensión.</p> <p>La calificación depende de los descriptores elegidos en cada nivel y de la ponderación asignada.</p>																																																																														
 <p>8.75</p> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de corriente utilizando VISIR</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>INDICADORES</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5 (de...)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Implementa el circuito pedido</td> <td>Elige todos los componentes que...</td> <td>NO Elige todos los componentes que...</td> <td>Elige todos los componentes que...</td> <td>Elige todos los componentes que...</td> <td>Elige todos los componentes que...</td> </tr> <tr> <td>25.0</td> <td>Conecta los componentes en seri...</td> <td>Conecta los componentes en seri...</td> <td>NO Conecta los componentes en...</td> <td>NO Conecta los componentes en...</td> <td>NO Conecta los componentes en...</td> </tr> <tr> <td>Alimenta el circuito</td> <td>Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> <td>NO Elige el voltaje pedido de la fue...</td> <td>Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> <td>Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> <td>Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> </tr> <tr> <td>25.0</td> <td>Alimenta el circuito</td> <td>Alimenta el circuito</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td>NO alimenta el circuito</td> </tr> <tr> <td>Mide el valor óhmico de las resistencias</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td>Conecta el multímetro en los term...</td> <td>NO Conecta el multímetro en los term...</td> <td>Conecta el multímetro en los term...</td> <td>Conecta el multímetro en los term...</td> <td>Conecta el multímetro en los term...</td> </tr> <tr> <td>50.0</td> <td>Alimenta el circuito</td> <td>Alimenta el circuito</td> <td>Alimenta el circuito</td> <td>Alimenta el circuito</td> <td>Alimenta el circuito</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Elige las puntas de prueba del mu...</td> <td>Elige las puntas de prueba del mu...</td> <td>NO Elige las puntas de prueba del mu...</td> <td>Elige las puntas de prueba del mu...</td> <td>Elige las puntas de prueba del mu...</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Selecciona el valor de la ruleta de...</td> <td>Selecciona el valor de la ruleta de...</td> <td>Selecciona el valor de la ruleta de...</td> <td>No Selecciona el valor de la ruleta...</td> <td>No Selecciona el valor de la ruleta...</td> </tr> <tr> <td>Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	INDICADORES	1	2	3	4	5 (de...)	Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que...	NO Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...	25.0	Conecta los componentes en seri...	Conecta los componentes en seri...	NO Conecta los componentes en...	NO Conecta los componentes en...	NO Conecta los componentes en...	Alimenta el circuito	Elige el voltaje pedido de la fuente...	NO Elige el voltaje pedido de la fue...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	25.0	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	Mide el valor óhmico de las resistencias						0.0						Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Conecta el multímetro en los term...	NO Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los term...	50.0	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito		Elige las puntas de prueba del mu...	Elige las puntas de prueba del mu...	NO Elige las puntas de prueba del mu...	Elige las puntas de prueba del mu...	Elige las puntas de prueba del mu...		Selecciona el valor de la ruleta de...	Selecciona el valor de la ruleta de...	Selecciona el valor de la ruleta de...	No Selecciona el valor de la ruleta...	No Selecciona el valor de la ruleta...	Mide la intensidad de una rama del circuito						0.0						
INDICADORES	1	2	3	4	5 (de...)																																																																										
Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que...	NO Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...																																																																										
25.0	Conecta los componentes en seri...	Conecta los componentes en seri...	NO Conecta los componentes en...	NO Conecta los componentes en...	NO Conecta los componentes en...																																																																										
Alimenta el circuito	Elige el voltaje pedido de la fuente...	NO Elige el voltaje pedido de la fue...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...																																																																										
25.0	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito																																																																										
Mide el valor óhmico de las resistencias																																																																															
0.0																																																																															
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Conecta el multímetro en los term...	NO Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los term...																																																																										
50.0	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito																																																																										
	Elige las puntas de prueba del mu...	Elige las puntas de prueba del mu...	NO Elige las puntas de prueba del mu...	Elige las puntas de prueba del mu...	Elige las puntas de prueba del mu...																																																																										
	Selecciona el valor de la ruleta de...	Selecciona el valor de la ruleta de...	Selecciona el valor de la ruleta de...	No Selecciona el valor de la ruleta...	No Selecciona el valor de la ruleta...																																																																										
Mide la intensidad de una rama del circuito																																																																															
0.0																																																																															

Tabla 5.12 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de intensidad.

EJERCICIO PROFESOR



Ejercicio de medición de la intensidad total del circuito y una posible ficha de evaluación completada por el profesor.

Se utiliza el mismo montaje anterior (dos resistencias de 1k y una de 10k), la fuente de alimentación conectada y configurada con +5V DC, y el multímetro conectado en serie con el circuito en un punto determinado, y configurado para medir intensidad.

INDICADORES

Implementa el circuito pedido

25.0

Alimenta el circuito

25.0

Mide el valor óhmico de la/s resistencias

0.0

Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos

0.0

Mide la intensidad de una rama del circuito

50.0

DESCRPTORES		1	2	3	4	5 (de...)
Elige todos los componentes que ...	NO Elige todos los componentes que ...	100	25.0	25.0	25.0	0.0
Conecta los componentes en seri...	NO Conecta los componentes en ...	Conecta los componentes en seri...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...	0.0
Elige el voltaje pedido de la fuente...	NO Elige el voltaje pedido de la fuente...	100	25.0	25.0	25.0	0.0
Alimenta el circuito	NO Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	NO Alimenta el circuito	NO Alimenta el circuito	NO Alimenta el circuito	0.0
Mide el valor óhmico de la/s resistencias		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mide la intensidad de una rama del circuito	NO Conecta el multímetro en los term...	100	75.0	75.0	75.0	0.0
	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	0.0
	Inserta las puntas de prueba del ...	Inserta las puntas de prueba del ...	Inserta las puntas de prueba del ...	Inserta las puntas de prueba del ...	Inserta las puntas de prueba del ...	0.0
	Selecciona el valor de la ruleta de...	Selecciona el valor de la ruleta de...	Selecciona el valor de la ruleta de...	Selecciona el valor de la ruleta de...	Selecciona el valor de la ruleta de...	0.0

Guardar

181

Tabla 5.12 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de intensidad. (Cont.)

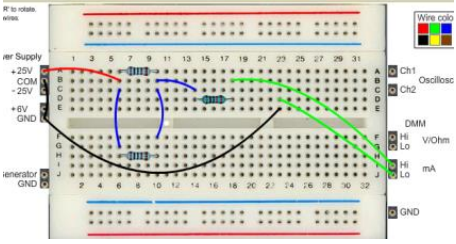
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN																																																																																																																																				
	<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito y con el mismo valor de voltaje, y el multímetro conectado en el mismo punto y con la misma configuración, el circuito es análogo al del profesor.</p> <p>Esto se traduce en una calificación de 10 si la ficha de evaluación ha sido bien completada.</p>																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="424 757 448 1973">Ficha de evaluación</th> <th colspan="5" data-bbox="507 757 523 1973">DESCRPTORES</th> </tr> <tr> <th data-bbox="424 757 448 1973"></th> <th data-bbox="539 757 555 1973">1</th> <th data-bbox="571 757 587 1973">2</th> <th data-bbox="603 757 619 1973">3</th> <th data-bbox="635 757 651 1973">4</th> <th data-bbox="667 757 683 1973">5 (de...)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="459 757 497 1973"> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR</p> </td> <td colspan="5" data-bbox="459 757 497 1973" style="text-align: center;">10.0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="507 757 529 1973">INDICADORES</td> <td colspan="5" data-bbox="507 757 529 1973"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="539 757 561 1973">Implementa el circuito pedido</td> <td data-bbox="561 757 584 1973">Elige todos los componentes que...</td> <td data-bbox="584 757 606 1973">Elige todos los componentes que...</td> <td data-bbox="606 757 628 1973">Elige todos los componentes que...</td> <td data-bbox="628 757 651 1973">Elige todos los componentes que...</td> <td data-bbox="651 757 673 1973">Elige todos los componentes que...</td> </tr> <tr> <td data-bbox="561 757 584 1973">25.0</td> <td data-bbox="584 757 606 1973">100</td> <td data-bbox="606 757 628 1973">25.0</td> <td data-bbox="628 757 651 1973">25.0</td> <td data-bbox="651 757 673 1973">25.0</td> <td data-bbox="673 757 695 1973">0.0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="584 757 606 1973">Conecta los componentes en serie...</td> <td data-bbox="606 757 628 1973">Conecta los componentes en serie...</td> <td data-bbox="628 757 651 1973">Conecta los componentes en serie...</td> <td data-bbox="651 757 673 1973">Conecta los componentes en serie...</td> <td data-bbox="673 757 695 1973">Conecta los componentes en serie...</td> <td data-bbox="695 757 718 1973">Conecta los componentes en serie...</td> </tr> <tr> <td data-bbox="606 757 628 1973">100</td> <td data-bbox="628 757 651 1973">100</td> <td data-bbox="651 757 673 1973">100</td> <td data-bbox="673 757 695 1973">100</td> <td data-bbox="695 757 718 1973">100</td> <td data-bbox="718 757 740 1973">100</td> </tr> <tr> <td data-bbox="628 757 651 1973">Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> <td data-bbox="651 757 673 1973">Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> <td data-bbox="673 757 695 1973">Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> <td data-bbox="695 757 718 1973">Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> <td data-bbox="718 757 740 1973">Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> <td data-bbox="740 757 762 1973">Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> </tr> <tr> <td data-bbox="651 757 673 1973">25.0</td> <td data-bbox="673 757 695 1973">100</td> <td data-bbox="695 757 718 1973">25.0</td> <td data-bbox="718 757 740 1973">25.0</td> <td data-bbox="740 757 762 1973">25.0</td> <td data-bbox="762 757 785 1973">0.0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="673 757 695 1973">Alimenta el circuito</td> <td data-bbox="695 757 718 1973">Alimenta el circuito</td> <td data-bbox="718 757 740 1973">Alimenta el circuito</td> <td data-bbox="740 757 762 1973">Alimenta el circuito</td> <td data-bbox="762 757 785 1973">Alimenta el circuito</td> <td data-bbox="785 757 807 1973">Alimenta el circuito</td> </tr> <tr> <td data-bbox="695 757 718 1973">0.0</td> <td data-bbox="718 757 740 1973">0.0</td> <td data-bbox="740 757 762 1973">0.0</td> <td data-bbox="762 757 785 1973">0.0</td> <td data-bbox="785 757 807 1973">0.0</td> <td data-bbox="807 757 829 1973">0.0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 757 740 1973">Mide el valor óhmico de las resistencias</td> <td data-bbox="740 757 762 1973">Mide el valor óhmico de las resistencias</td> <td data-bbox="762 757 785 1973">Mide el valor óhmico de las resistencias</td> <td data-bbox="785 757 807 1973">Mide el valor óhmico de las resistencias</td> <td data-bbox="807 757 829 1973">Mide el valor óhmico de las resistencias</td> <td data-bbox="829 757 852 1973">Mide el valor óhmico de las resistencias</td> </tr> <tr> <td data-bbox="740 757 762 1973">0.0</td> <td data-bbox="762 757 785 1973">0.0</td> <td data-bbox="785 757 807 1973">0.0</td> <td data-bbox="807 757 829 1973">0.0</td> <td data-bbox="829 757 852 1973">0.0</td> <td data-bbox="852 757 874 1973">0.0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="762 757 785 1973">Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td data-bbox="785 757 807 1973">Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td data-bbox="807 757 829 1973">Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td data-bbox="829 757 852 1973">Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td data-bbox="852 757 874 1973">Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td data-bbox="874 757 896 1973">Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> </tr> <tr> <td data-bbox="785 757 807 1973">0.0</td> <td data-bbox="807 757 829 1973">0.0</td> <td data-bbox="829 757 852 1973">0.0</td> <td data-bbox="852 757 874 1973">0.0</td> <td data-bbox="874 757 896 1973">0.0</td> <td data-bbox="896 757 919 1973">0.0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 757 829 1973">Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td data-bbox="829 757 852 1973">Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td data-bbox="852 757 874 1973">Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td data-bbox="874 757 896 1973">Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td data-bbox="896 757 919 1973">Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td data-bbox="919 757 941 1973">Mide la intensidad de una rama del circuito</td> </tr> <tr> <td data-bbox="829 757 852 1973">50.0</td> <td data-bbox="852 757 874 1973">100</td> <td data-bbox="874 757 896 1973">75.0</td> <td data-bbox="896 757 919 1973">75.0</td> <td data-bbox="919 757 941 1973">75.0</td> <td data-bbox="941 757 963 1973">0.0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="852 757 874 1973">Conecta el multímetro en los terminales...</td> <td data-bbox="874 757 896 1973">Conecta el multímetro en los terminales...</td> <td data-bbox="896 757 919 1973">Conecta el multímetro en los terminales...</td> <td data-bbox="919 757 941 1973">Conecta el multímetro en los terminales...</td> <td data-bbox="941 757 963 1973">Conecta el multímetro en los terminales...</td> <td data-bbox="963 757 986 1973">Conecta el multímetro en los terminales...</td> </tr> <tr> <td data-bbox="874 757 896 1973">Alimenta el circuito</td> <td data-bbox="896 757 919 1973">Alimenta el circuito</td> <td data-bbox="919 757 941 1973">Alimenta el circuito</td> <td data-bbox="941 757 963 1973">Alimenta el circuito</td> <td data-bbox="963 757 986 1973">Alimenta el circuito</td> <td data-bbox="986 757 1008 1973">Alimenta el circuito</td> </tr> <tr> <td data-bbox="896 757 919 1973">Inserta las puntas de prueba del multímetro...</td> <td data-bbox="919 757 941 1973">Inserta las puntas de prueba del multímetro...</td> <td data-bbox="941 757 963 1973">Inserta las puntas de prueba del multímetro...</td> <td data-bbox="963 757 986 1973">Inserta las puntas de prueba del multímetro...</td> <td data-bbox="986 757 1008 1973">Inserta las puntas de prueba del multímetro...</td> <td data-bbox="1008 757 1031 1973">Inserta las puntas de prueba del multímetro...</td> </tr> <tr> <td data-bbox="919 757 941 1973">No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...</td> <td data-bbox="941 757 963 1973">No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...</td> <td data-bbox="963 757 986 1973">No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...</td> <td data-bbox="986 757 1008 1973">No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...</td> <td data-bbox="1008 757 1031 1973">No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...</td> <td data-bbox="1031 757 1053 1973">No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...</td> </tr> </tbody> </table>		Ficha de evaluación	DESCRPTORES						1	2	3	4	5 (de...)	<p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR</p>	10.0					INDICADORES						Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...	25.0	100	25.0	25.0	25.0	0.0	Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...	100	100	100	100	100	100	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	25.0	100	25.0	25.0	25.0	0.0	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Mide el valor óhmico de las resistencias	Mide el valor óhmico de las resistencias	Mide el valor óhmico de las resistencias	Mide el valor óhmico de las resistencias	Mide el valor óhmico de las resistencias	Mide el valor óhmico de las resistencias	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Mide la intensidad de una rama del circuito	Mide la intensidad de una rama del circuito	Mide la intensidad de una rama del circuito	Mide la intensidad de una rama del circuito	Mide la intensidad de una rama del circuito	Mide la intensidad de una rama del circuito	50.0	100	75.0	75.0	75.0	0.0	Conecta el multímetro en los terminales...	Conecta el multímetro en los terminales...	Conecta el multímetro en los terminales...	Conecta el multímetro en los terminales...	Conecta el multímetro en los terminales...	Conecta el multímetro en los terminales...	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Inserta las puntas de prueba del multímetro...	Inserta las puntas de prueba del multímetro...	Inserta las puntas de prueba del multímetro...	Inserta las puntas de prueba del multímetro...	Inserta las puntas de prueba del multímetro...	Inserta las puntas de prueba del multímetro...	No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...	No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...	No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...	No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...	No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...	No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...
Ficha de evaluación	DESCRPTORES																																																																																																																																				
	1	2	3	4	5 (de...)																																																																																																																																
<p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR</p>	10.0																																																																																																																																				
INDICADORES																																																																																																																																					
Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que...																																																																																																																																
25.0	100	25.0	25.0	25.0	0.0																																																																																																																																
Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...																																																																																																																																
100	100	100	100	100	100																																																																																																																																
Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...	Elige el voltaje pedido de la fuente...																																																																																																																																
25.0	100	25.0	25.0	25.0	0.0																																																																																																																																
Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito																																																																																																																																
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																																																																																																																																
Mide el valor óhmico de las resistencias	Mide el valor óhmico de las resistencias	Mide el valor óhmico de las resistencias	Mide el valor óhmico de las resistencias	Mide el valor óhmico de las resistencias	Mide el valor óhmico de las resistencias																																																																																																																																
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																																																																																																																																
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos																																																																																																																																
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																																																																																																																																
Mide la intensidad de una rama del circuito	Mide la intensidad de una rama del circuito	Mide la intensidad de una rama del circuito	Mide la intensidad de una rama del circuito	Mide la intensidad de una rama del circuito	Mide la intensidad de una rama del circuito																																																																																																																																
50.0	100	75.0	75.0	75.0	0.0																																																																																																																																
Conecta el multímetro en los terminales...	Conecta el multímetro en los terminales...	Conecta el multímetro en los terminales...	Conecta el multímetro en los terminales...	Conecta el multímetro en los terminales...	Conecta el multímetro en los terminales...																																																																																																																																
Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito																																																																																																																																
Inserta las puntas de prueba del multímetro...	Inserta las puntas de prueba del multímetro...	Inserta las puntas de prueba del multímetro...	Inserta las puntas de prueba del multímetro...	Inserta las puntas de prueba del multímetro...	Inserta las puntas de prueba del multímetro...																																																																																																																																
No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...	No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...	No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...	No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...	No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...	No Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...																																																																																																																																

Tabla 5.12 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de intensidad. (Cont.)

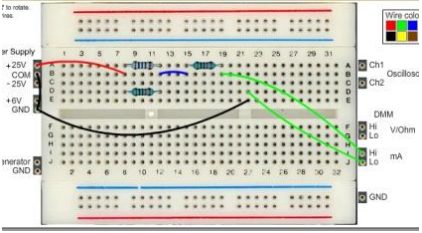
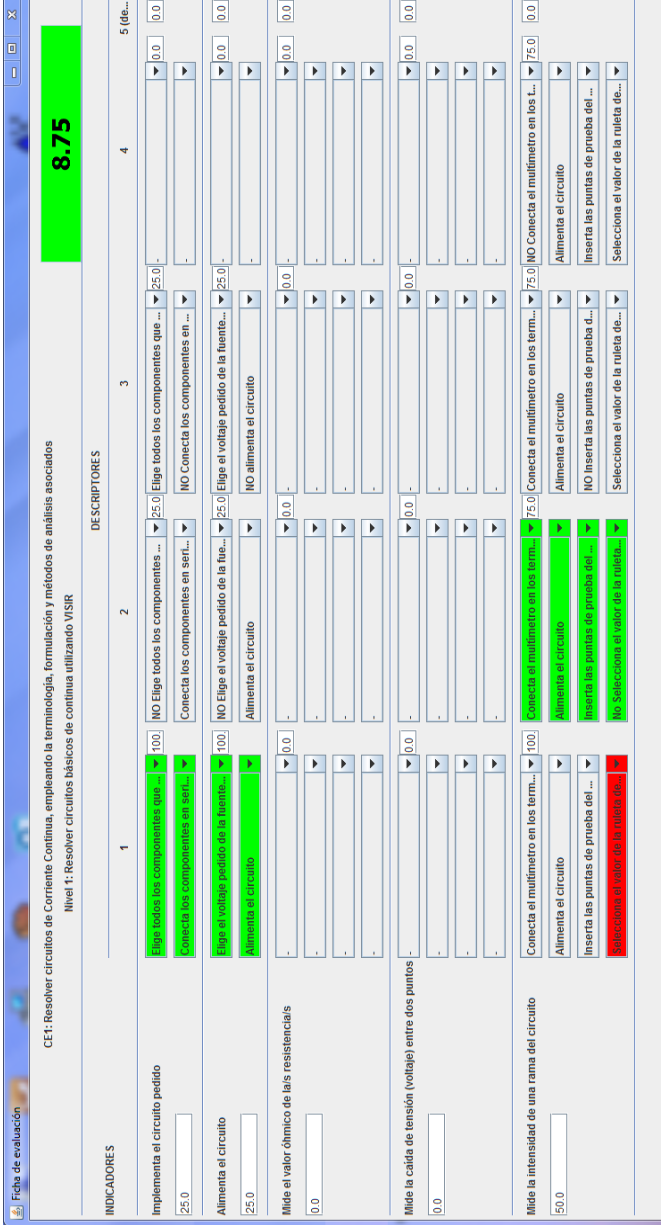
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN																																				
	<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito y con el mismo valor de voltaje, y el multímetro conectado en el mismo punto pero su configuración no es para medir intensidad, se considera que está mal configurado. La calificación depende de los descriptores elegidos en cada nivel y de la ponderación asignada.</p>																																				
 <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de corriente utilizando VISR</p> <p>INDICADORES</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5 (de...)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Implementa el circuito pedido</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>25.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Alimenta el circuito</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>25.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Mide el valor óhmico de las resistencias</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>75.0</td> <td>75.0</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>DESCRPTORES</p> <p>1: Elige todos los componentes que... 2: Conecta los componentes en seri... 3: Elige el voltaje pedido de la fuente... 4: Conecta el multímetro en los term... 5: Conecta el multímetro en los L...</p> <p>Score: 8.75</p>		1	2	3	4	5 (de...)	Implementa el circuito pedido	100	100	25.0	0.0	0.0	Alimenta el circuito	100	100	25.0	0.0	0.0	Mide el valor óhmico de las resistencias	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Mide la intensidad de una rama del circuito	100	100	75.0	75.0	0.0	
	1	2	3	4	5 (de...)																																
Implementa el circuito pedido	100	100	25.0	0.0	0.0																																
Alimenta el circuito	100	100	25.0	0.0	0.0																																
Mide el valor óhmico de las resistencias	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																																
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																																
Mide la intensidad de una rama del circuito	100	100	75.0	75.0	0.0																																

Tabla 5.12 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de intensidad. (Cont.).

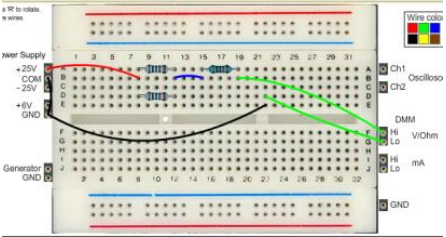
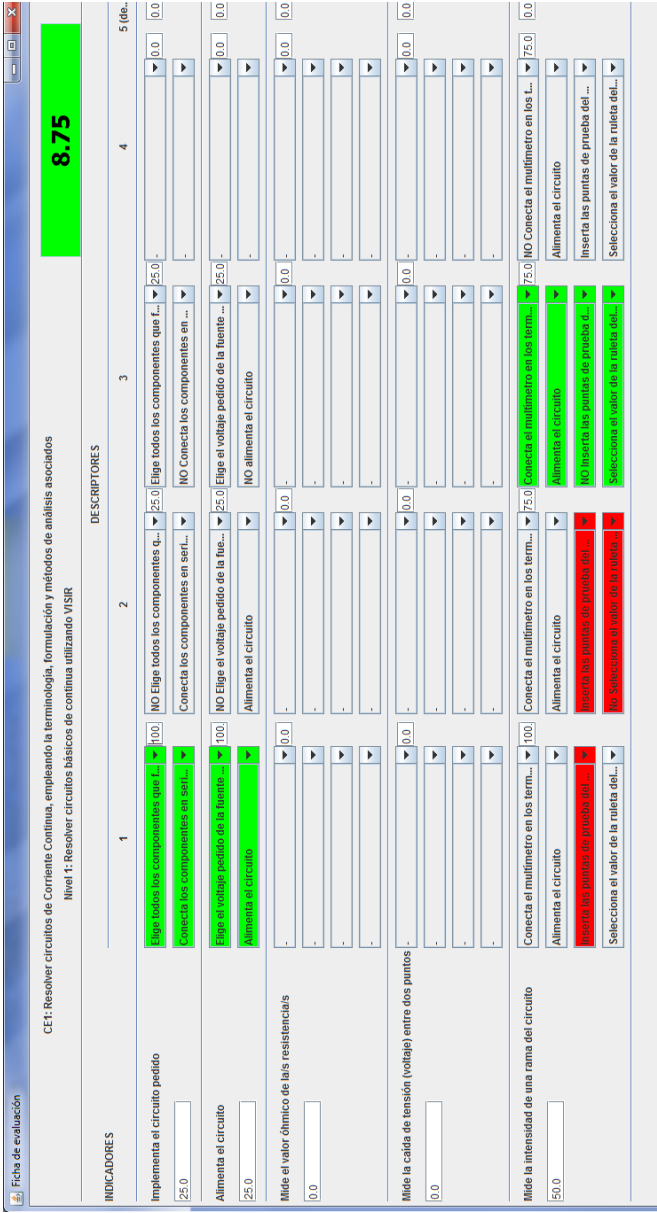
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN																																				
	<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con la fuente de alimentación conectada en los mismos puntos del circuito y con el mismo valor de voltaje, y el multímetro conectado en el mismo punto y configurado para medir intensidad, pero las puntas de prueba están insertadas en el conector V/Ohm en lugar de en mA, se considera que está mal configurado.</p> <p>La calificación depende de los descriptores elegidos en cada nivel y de la ponderación asignada.</p>																																				
 <p>8.75</p> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISR</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>INDICADORES</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5 (de...)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Implementa el circuito pedido</td> <td>Elige todos los componentes que f...</td> <td>NO Elige todos los componentes q...</td> <td>Elige todos los componentes que f...</td> <td>Elige todos los componentes que f...</td> <td>Elige todos los componentes que f...</td> </tr> <tr> <td>Alimenta el circuito</td> <td>Conecta los componentes en serie...</td> <td>Conecta los componentes en serie...</td> <td>NO Conecta los componentes en ...</td> <td>NO Conecta los componentes en ...</td> <td>NO Conecta los componentes en ...</td> </tr> <tr> <td>Mide el valor óhmico de las resistencias/s</td> <td>Elige el voltaje pedido de la fuente...</td> <td>NO Elige el voltaje pedido de la fue...</td> <td>Elige el voltaje pedido de la fue...</td> <td>Elige el voltaje pedido de la fue...</td> <td>Elige el voltaje pedido de la fue...</td> </tr> <tr> <td>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td>Alimenta el circuito</td> <td>Alimenta el circuito</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td>NO alimenta el circuito</td> </tr> <tr> <td>Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td>Conecta el multímetro en los term...</td> <td>Conecta el multímetro en los term...</td> <td>Conecta el multímetro en los term...</td> <td>Conecta el multímetro en los L...</td> <td>Conecta el multímetro en los L...</td> </tr> </tbody> </table>	INDICADORES	1	2	3	4	5 (de...)	Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que f...	NO Elige todos los componentes q...	Elige todos los componentes que f...	Elige todos los componentes que f...	Elige todos los componentes que f...	Alimenta el circuito	Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...	Mide el valor óhmico de las resistencias/s	Elige el voltaje pedido de la fuente...	NO Elige el voltaje pedido de la fue...	Elige el voltaje pedido de la fue...	Elige el voltaje pedido de la fue...	Elige el voltaje pedido de la fue...	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	Mide la intensidad de una rama del circuito	Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los L...	Conecta el multímetro en los L...	
INDICADORES	1	2	3	4	5 (de...)																																
Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que f...	NO Elige todos los componentes q...	Elige todos los componentes que f...	Elige todos los componentes que f...	Elige todos los componentes que f...																																
Alimenta el circuito	Conecta los componentes en serie...	Conecta los componentes en serie...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...																																
Mide el valor óhmico de las resistencias/s	Elige el voltaje pedido de la fuente...	NO Elige el voltaje pedido de la fue...	Elige el voltaje pedido de la fue...	Elige el voltaje pedido de la fue...	Elige el voltaje pedido de la fue...																																
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Alimenta el circuito	Alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito																																
Mide la intensidad de una rama del circuito	Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los L...	Conecta el multímetro en los L...																																

Tabla 5.13 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de resistencias. (Cont.)

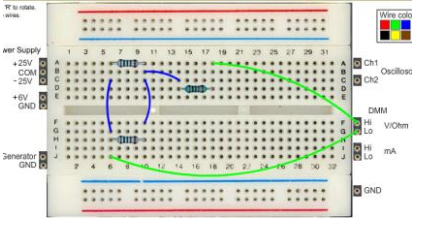
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN																																																																														
	<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, sin la fuente de alimentación, y con el multímetro conectado en los mismos puntos y con la misma configuración, el circuito es análogo al del profesor. Esto se traduce en una calificación de 10 si la ficha de evaluación ha sido bien completada.</p>																																																																														
<p>Ficha de evaluación</p> <p>CET: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR</p> <p>10.0</p> <p>DESCRIPTORES</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>INDICADORES</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5 (de...)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Implementa el circuito pedido</td> <td>Elige todos los componentes que t... 100</td> <td>Elige todos los componentes que t... 75.0</td> <td>NO Elige todos los componentes q... 50.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>25.0</td> <td>Conecta los componentes en seri... 100</td> <td>NO Conecta los componentes en ...</td> <td>NO Conecta los componentes en ...</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alimenta el circuito</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mide el valor óhmico de las resistencias</td> <td>Conecta el multímetro en los term... 100</td> <td>Conecta el multímetro en los term... 75.0</td> <td>Conecta el multímetro en los term... 75.0</td> <td>NO Conecta el multímetro en los t... 50.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>75.0</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Elige las puntas de prueba del mul... 100</td> <td>Elige las puntas de prueba del mul... 75.0</td> <td>Elige las puntas de prueba del mul... 75.0</td> <td>Elige las puntas de prueba del mul... 50.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Selecciona el valor de la ruleta del... 100</td> <td>NO Selecciona el valor de la ruleta del...</td> <td>Selecciona el valor de la ruleta del... 75.0</td> <td>Selecciona el valor de la ruleta del... 50.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	INDICADORES	1	2	3	4	5 (de...)	Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que t... 100	Elige todos los componentes que t... 75.0	NO Elige todos los componentes q... 50.0			25.0	Conecta los componentes en seri... 100	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...			Alimenta el circuito						0.0						Mide el valor óhmico de las resistencias	Conecta el multímetro en los term... 100	Conecta el multímetro en los term... 75.0	Conecta el multímetro en los term... 75.0	NO Conecta el multímetro en los t... 50.0		75.0	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito				Elige las puntas de prueba del mul... 100	Elige las puntas de prueba del mul... 75.0	Elige las puntas de prueba del mul... 75.0	Elige las puntas de prueba del mul... 50.0			Selecciona el valor de la ruleta del... 100	NO Selecciona el valor de la ruleta del...	Selecciona el valor de la ruleta del... 75.0	Selecciona el valor de la ruleta del... 50.0		Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos						0.0						Mide la intensidad de una rama del circuito						0.0						
INDICADORES	1	2	3	4	5 (de...)																																																																										
Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que t... 100	Elige todos los componentes que t... 75.0	NO Elige todos los componentes q... 50.0																																																																												
25.0	Conecta los componentes en seri... 100	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...																																																																												
Alimenta el circuito																																																																															
0.0																																																																															
Mide el valor óhmico de las resistencias	Conecta el multímetro en los term... 100	Conecta el multímetro en los term... 75.0	Conecta el multímetro en los term... 75.0	NO Conecta el multímetro en los t... 50.0																																																																											
75.0	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito																																																																												
	Elige las puntas de prueba del mul... 100	Elige las puntas de prueba del mul... 75.0	Elige las puntas de prueba del mul... 75.0	Elige las puntas de prueba del mul... 50.0																																																																											
	Selecciona el valor de la ruleta del... 100	NO Selecciona el valor de la ruleta del...	Selecciona el valor de la ruleta del... 75.0	Selecciona el valor de la ruleta del... 50.0																																																																											
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos																																																																															
0.0																																																																															
Mide la intensidad de una rama del circuito																																																																															
0.0																																																																															

Tabla 5.13 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de resistencias. (Cont.)

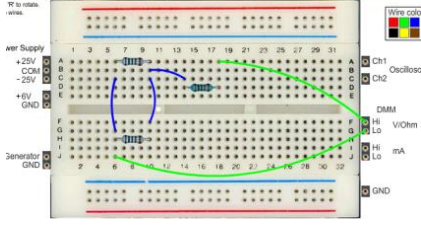
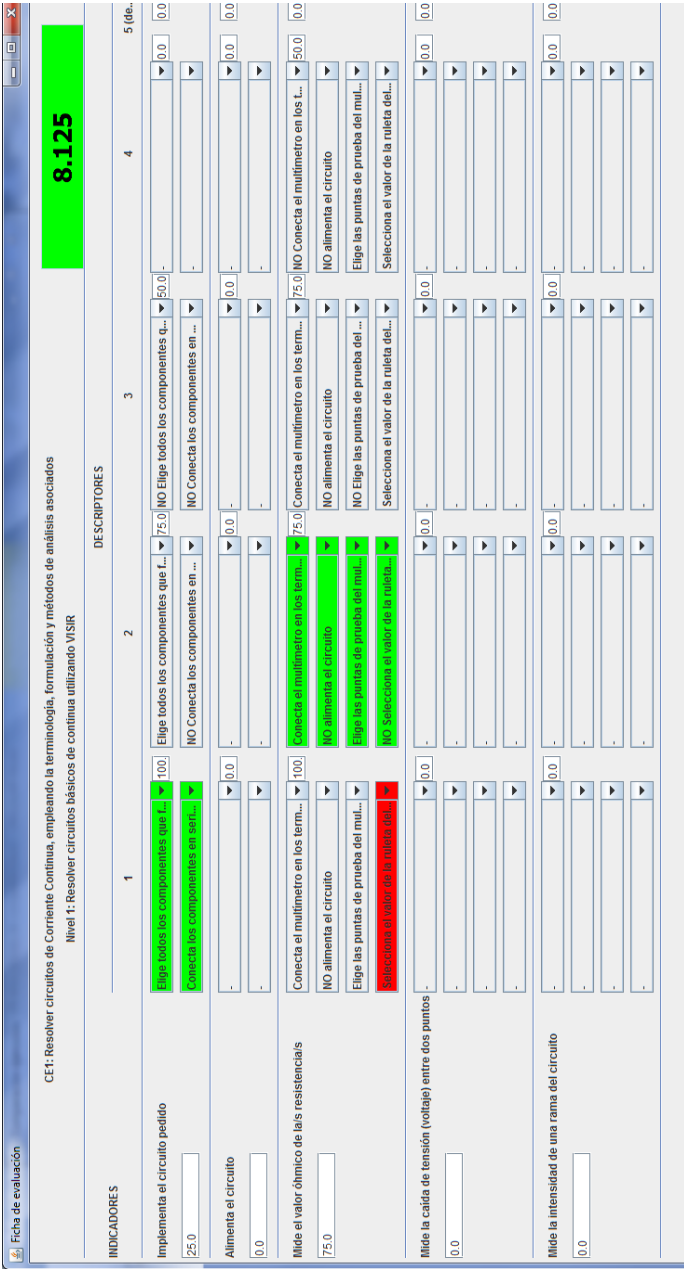
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN																																				
	<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, sin fuente y con el multímetro conectado en el mismo punto pero su configuración no es para medir resistencias, se considera que está mal configurado. La calificación depende de los descriptores elegidos en cada nivel y de la ponderación asignada.</p>																																				
 <p>8.125</p> <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>INDICADORES</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5 (Max.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Implementa el circuito pedido</td> <td>Elige todos los componentes que f...</td> <td>Elige todos los componentes que f...</td> <td>NO Elige todos los componentes q...</td> <td>50.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Alimenta el circuito</td> <td>Conecta los componentes en seri...</td> <td>NO Conecta los componentes en ...</td> <td>NO Conecta los componentes en ...</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Mide el valor óhmico de las resistencias</td> <td>Conecta el multímetro en los term...</td> <td>Conecta el multímetro en los term...</td> <td>NO Conecta el multímetro en los L...</td> <td>75.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td>Elige las puntas de prueba del mul...</td> <td>Elige las puntas de prueba del mul...</td> <td>Elige las puntas de prueba del mul...</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>	INDICADORES	1	2	3	4	5 (Max.)	Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que f...	Elige todos los componentes que f...	NO Elige todos los componentes q...	50.0	0.0	Alimenta el circuito	Conecta los componentes en seri...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...	0.0	0.0	Mide el valor óhmico de las resistencias	Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los term...	NO Conecta el multímetro en los L...	75.0	0.0	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	0.0	0.0	Mide la intensidad de una rama del circuito	Elige las puntas de prueba del mul...	Elige las puntas de prueba del mul...	Elige las puntas de prueba del mul...	0.0	0.0	
INDICADORES	1	2	3	4	5 (Max.)																																
Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que f...	Elige todos los componentes que f...	NO Elige todos los componentes q...	50.0	0.0																																
Alimenta el circuito	Conecta los componentes en seri...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...	0.0	0.0																																
Mide el valor óhmico de las resistencias	Conecta el multímetro en los term...	Conecta el multímetro en los term...	NO Conecta el multímetro en los L...	75.0	0.0																																
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	NO alimenta el circuito	0.0	0.0																																
Mide la intensidad de una rama del circuito	Elige las puntas de prueba del mul...	Elige las puntas de prueba del mul...	Elige las puntas de prueba del mul...	0.0	0.0																																

Tabla 5.13 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de resistencias. (Cont.)

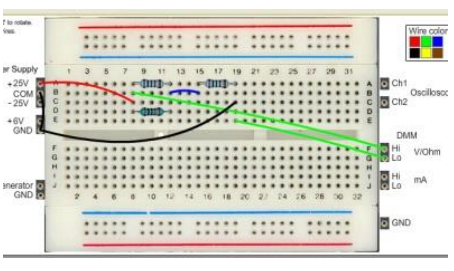
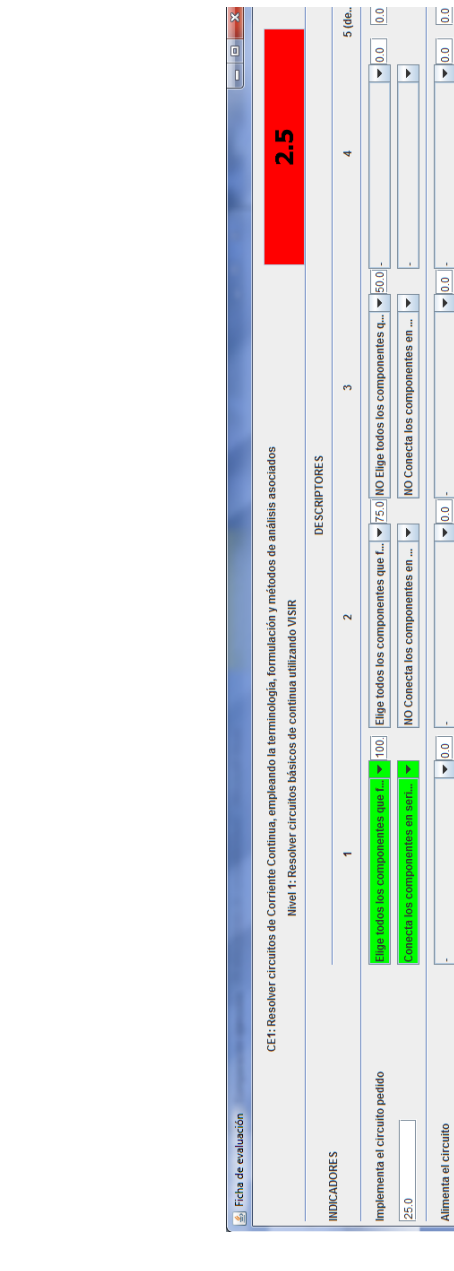
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN																																				
	<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, y con el multímetro conectado en el mismo punto y con la misma configuración, pero ha conectado la fuente de alimentación, el tipo de ejercicio del alumno es diferente que el del profesor (no es de medición de resistencias).</p> <p>La calificación depende de los descriptores elegidos en cada nivel y de la ponderación asignada.</p>																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5 (re-)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Implementa el circuito pedido</td> <td>Elige todos los componentes que...</td> <td>Elige todos los componentes que l...</td> <td>NO Elige todos los componentes q...</td> <td>50.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Alimenta el circuito</td> <td>Conecta los componentes en serie...</td> <td>NO Conecta los componentes en ...</td> <td>NO Conecta los componentes en ...</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Mide el valor óhmico de las resistencias</td> <td>Conecta el multímetro en los term...</td> <td>NO alimenta el circuito</td> <td>Conecta el multímetro en los term...</td> <td>75.0</td> <td>NO Conecta el multímetro en los L...</td> </tr> <tr> <td>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td>Elige las puntas de prueba del mul...</td> <td>NO Elige las puntas de prueba del...</td> <td>NO Elige las puntas de prueba del mul...</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td>Selecciona el valor de la ruetea del...</td> <td>NO Selecciona el valor de la ruetea...</td> <td>Selecciona el valor de la ruetea del...</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5 (re-)	Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que l...	NO Elige todos los componentes q...	50.0	0.0	Alimenta el circuito	Conecta los componentes en serie...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...	0.0	0.0	Mide el valor óhmico de las resistencias	Conecta el multímetro en los term...	NO alimenta el circuito	Conecta el multímetro en los term...	75.0	NO Conecta el multímetro en los L...	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Elige las puntas de prueba del mul...	NO Elige las puntas de prueba del...	NO Elige las puntas de prueba del mul...	0.0	0.0	Mide la intensidad de una rama del circuito	Selecciona el valor de la ruetea del...	NO Selecciona el valor de la ruetea...	Selecciona el valor de la ruetea del...	0.0	0.0
	1	2	3	4	5 (re-)																																
Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que...	Elige todos los componentes que l...	NO Elige todos los componentes q...	50.0	0.0																																
Alimenta el circuito	Conecta los componentes en serie...	NO Conecta los componentes en ...	NO Conecta los componentes en ...	0.0	0.0																																
Mide el valor óhmico de las resistencias	Conecta el multímetro en los term...	NO alimenta el circuito	Conecta el multímetro en los term...	75.0	NO Conecta el multímetro en los L...																																
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	Elige las puntas de prueba del mul...	NO Elige las puntas de prueba del...	NO Elige las puntas de prueba del mul...	0.0	0.0																																
Mide la intensidad de una rama del circuito	Selecciona el valor de la ruetea del...	NO Selecciona el valor de la ruetea...	Selecciona el valor de la ruetea del...	0.0	0.0																																

Tabla 5.13 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de medición de resistencias. (Cont.)

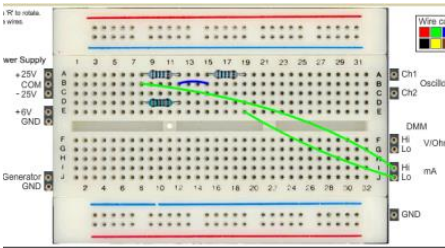
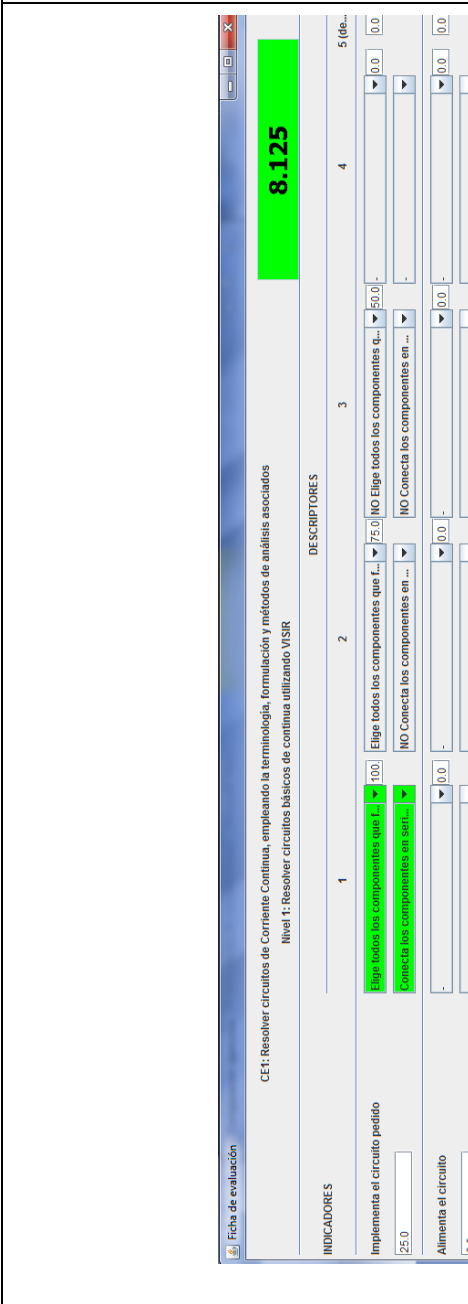
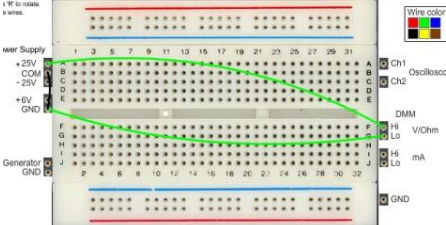
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN																																				
	<p>Si el alumno ha realizado un montaje con las mismas resistencias y conectadas del mismo modo, sin fuente de alimentación, y con el multímetro conectado en el mismo punto y configurado para medir resistencia, pero las puntas de prueba están insertadas en el conector mA en lugar de en V/Ohm, se considera que está mal configurado. La calificación depende de los descriptores elegidos en cada nivel y de la ponderación asignada.</p>																																				
 <p>CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR</p> <p>8.125</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>INDICADORES</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5 (de...)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Implementa el circuito pedido</td> <td>Elige todos los componentes que f... Conecta los componentes en serie...</td> <td>Elige todos los componentes que f... NO Conecta los componentes en...</td> <td>75.0 NO Elige todos los componentes q... NO Conecta los componentes en...</td> <td>50.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Alimenta el circuito</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Mide el valor óhmico de la/s resistenci/a/s</td> <td>Conecta el multímetro en los term... NO alimenta el circuito Elige las puntas de prueba del mult... Selecciona el valor de la rúleta del...</td> <td>Conecta el multímetro en los term... NO alimenta el circuito Elige las puntas de prueba del mult... NO Selecciona el valor de la rúleta del...</td> <td>75.0 Conecta el multímetro en los term... NO alimenta el circuito Elige las puntas de prueba del mult... Selecciona el valor de la rúleta del...</td> <td>50.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>	INDICADORES	1	2	3	4	5 (de...)	Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que f... Conecta los componentes en serie...	Elige todos los componentes que f... NO Conecta los componentes en...	75.0 NO Elige todos los componentes q... NO Conecta los componentes en...	50.0	0.0	Alimenta el circuito	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Mide el valor óhmico de la/s resistenci/a/s	Conecta el multímetro en los term... NO alimenta el circuito Elige las puntas de prueba del mult... Selecciona el valor de la rúleta del...	Conecta el multímetro en los term... NO alimenta el circuito Elige las puntas de prueba del mult... NO Selecciona el valor de la rúleta del...	75.0 Conecta el multímetro en los term... NO alimenta el circuito Elige las puntas de prueba del mult... Selecciona el valor de la rúleta del...	50.0	0.0	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Mide la intensidad de una rama del circuito	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
INDICADORES	1	2	3	4	5 (de...)																																
Implementa el circuito pedido	Elige todos los componentes que f... Conecta los componentes en serie...	Elige todos los componentes que f... NO Conecta los componentes en...	75.0 NO Elige todos los componentes q... NO Conecta los componentes en...	50.0	0.0																																
Alimenta el circuito	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																																
Mide el valor óhmico de la/s resistenci/a/s	Conecta el multímetro en los term... NO alimenta el circuito Elige las puntas de prueba del mult... Selecciona el valor de la rúleta del...	Conecta el multímetro en los term... NO alimenta el circuito Elige las puntas de prueba del mult... NO Selecciona el valor de la rúleta del...	75.0 Conecta el multímetro en los term... NO alimenta el circuito Elige las puntas de prueba del mult... Selecciona el valor de la rúleta del...	50.0	0.0																																
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																																
Mide la intensidad de una rama del circuito	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																																

Tabla 5.14 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de comprobación del voltaje de la fuente de alimentación.

EJERCICIO PROFESOR



Ejercicio de comprobación del voltaje de la fuente de alimentación y una posible ficha de evaluación completada por el profesor.

El circuito sólo tiene la fuente de alimentación con un determinador voltaje y el multímetro configurado para medir voltios.

Ficha de evaluación

CE1: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados
Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR

	1	2	3	4	5 (de 5 de)
INDICADORES					
Implementa el circuito pedido	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Alimenta el circuito	<input type="text" value="50.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="50.0"/>	<input type="text" value="50.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Mide el valor óhmico de las resistencias	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	<input type="text" value="50.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="50.0"/>	<input type="text" value="50.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Mide la intensidad de una rama del circuito	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

Tabla 5.14 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de comprobación del voltaje de la fuente de alimentación. (Cont.)

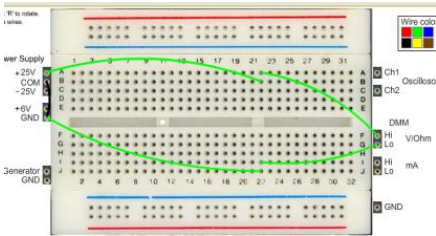
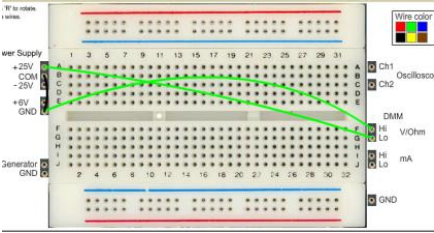
EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN																																																																																										
	<p>Si el ejercicio del estudiante sólo tiene fuente de alimentación con el mismo voltaje que la del ejercicio del profesor y el multímetro conectado a ella de la misma forma y configurado para medir voltaje, aunque existan cables intermedios, el circuito es análogo al del profesor. Esto se traduce en una calificación de 10 si la ficha de evaluación ha sido bien completada.</p>																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="466 723 494 1989">Ficha de evaluación</th> <th colspan="5" data-bbox="494 723 550 1989">DESCRIPTORES</th> </tr> <tr> <th data-bbox="494 723 550 1989"></th> <th data-bbox="550 723 598 1989">1</th> <th data-bbox="598 723 646 1989">2</th> <th data-bbox="646 723 694 1989">3</th> <th data-bbox="694 723 742 1989">4</th> <th data-bbox="742 723 790 1989">5 (de...)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="494 723 550 1989"> <p>CET: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR</p> </td> <td colspan="5" data-bbox="494 723 790 985" style="text-align: center; background-color: #00FF00; font-size: 24px; font-weight: bold;">10.0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="494 985 550 1989"> <p>INDICADORES</p> </td> <td colspan="5" data-bbox="494 985 790 1989"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="494 985 550 1989"> <p>Implementa el circuito pedido</p> </td> <td colspan="5" data-bbox="494 985 790 1989"> <p>0.0</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="494 985 550 1989"> <p>Alimenta el circuito</p> </td> <td colspan="5" data-bbox="494 985 790 1989"> <p>10.0</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="494 985 550 1989"> <p>Elige el voltaje pedido de la fuente...</p> </td> <td colspan="5" data-bbox="494 985 790 1989"> <p>50.0</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="494 985 550 1989"> <p>Alimenta el circuito</p> </td> <td colspan="5" data-bbox="494 985 790 1989"> <p>NO alimenta el circuito</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="494 985 550 1989"> <p>Mide el valor óhmico de las resistencias</p> </td> <td colspan="5" data-bbox="494 985 790 1989"> <p>0.0</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="494 985 550 1989"> <p>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</p> </td> <td colspan="5" data-bbox="494 985 790 1989"> <p>10.0</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="494 985 550 1989"> <p>Conecta el multímetro en los terminales...</p> </td> <td colspan="5" data-bbox="494 985 790 1989"> <p>50.0</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="494 985 550 1989"> <p>Alimenta el circuito</p> </td> <td colspan="5" data-bbox="494 985 790 1989"> <p>Alimenta el circuito</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="494 985 550 1989"> <p>Elige las puntas de prueba del multímetro...</p> </td> <td colspan="5" data-bbox="494 985 790 1989"> <p>NO Elige las puntas de prueba del multímetro...</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="494 985 550 1989"> <p>Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...</p> </td> <td colspan="5" data-bbox="494 985 790 1989"> <p>Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="494 985 550 1989"> <p>Mide la intensidad de una rama del circuito</p> </td> <td colspan="5" data-bbox="494 985 790 1989"> <p>0.0</p> </td> </tr> </tbody> </table>		Ficha de evaluación	DESCRIPTORES						1	2	3	4	5 (de...)	<p>CET: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR</p>	10.0					<p>INDICADORES</p>						<p>Implementa el circuito pedido</p>	<p>0.0</p>					<p>Alimenta el circuito</p>	<p>10.0</p>					<p>Elige el voltaje pedido de la fuente...</p>	<p>50.0</p>					<p>Alimenta el circuito</p>	<p>NO alimenta el circuito</p>					<p>Mide el valor óhmico de las resistencias</p>	<p>0.0</p>					<p>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</p>	<p>10.0</p>					<p>Conecta el multímetro en los terminales...</p>	<p>50.0</p>					<p>Alimenta el circuito</p>	<p>Alimenta el circuito</p>					<p>Elige las puntas de prueba del multímetro...</p>	<p>NO Elige las puntas de prueba del multímetro...</p>					<p>Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...</p>	<p>Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...</p>					<p>Mide la intensidad de una rama del circuito</p>	<p>0.0</p>				
Ficha de evaluación	DESCRIPTORES																																																																																										
	1	2	3	4	5 (de...)																																																																																						
<p>CET: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR</p>	10.0																																																																																										
<p>INDICADORES</p>																																																																																											
<p>Implementa el circuito pedido</p>	<p>0.0</p>																																																																																										
<p>Alimenta el circuito</p>	<p>10.0</p>																																																																																										
<p>Elige el voltaje pedido de la fuente...</p>	<p>50.0</p>																																																																																										
<p>Alimenta el circuito</p>	<p>NO alimenta el circuito</p>																																																																																										
<p>Mide el valor óhmico de las resistencias</p>	<p>0.0</p>																																																																																										
<p>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</p>	<p>10.0</p>																																																																																										
<p>Conecta el multímetro en los terminales...</p>	<p>50.0</p>																																																																																										
<p>Alimenta el circuito</p>	<p>Alimenta el circuito</p>																																																																																										
<p>Elige las puntas de prueba del multímetro...</p>	<p>NO Elige las puntas de prueba del multímetro...</p>																																																																																										
<p>Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...</p>	<p>Selecciona el valor de la ruleta del multímetro...</p>																																																																																										
<p>Mide la intensidad de una rama del circuito</p>	<p>0.0</p>																																																																																										

Tabla 5.14 Casos de prueba para comprobar el resultado cuantitativo de ejercicios de comprobación del voltaje de la fuente de alimentación. (Cont.)

EJERCICIO ESTUDIANTE	COMPARACIÓN																																										
	<p>Si el ejercicio del estudiante sólo tiene fuente de alimentación con el mismo voltaje que la del ejercicio del profesor y el multímetro está conectado a ella con las puntas de prueba al revés, el multímetro no está conectado en los terminales adecuados, o la fuente no está conectada adecuadamente al circuito. El mismo hecho genera un doble fallo.</p> <p>La calificación depende de los descriptores elegidos en cada nivel y de la ponderación asignada.</p>																																										
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="font-size: small;">Ficha de evaluación</div> <div style="text-align: center; background-color: red; color: white; padding: 5px 10px; font-weight: bold;">2.5</div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center; font-size: small;">CET: Resolver circuitos de Corriente Continua, empleando la terminología, formulación y métodos de análisis asociados Nivel 1: Resolver circuitos básicos de continua utilizando VISIR</p> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th colspan="5" style="text-align: center; font-weight: normal;">DESCRIPTORES</th> </tr> <tr> <th style="text-align: left; font-weight: normal;">INDICADORES</th> <th style="width: 15%;">1</th> <th style="width: 15%;">2</th> <th style="width: 15%;">3</th> <th style="width: 15%;">4</th> <th style="width: 15%;">5 (de...)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left; font-size: small;">Implementa el circuito pedido</td> <td>0.0</td> <td>100.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left; font-size: small;">Alimenta el circuito</td> <td>150.0</td> <td>100.0</td> <td style="background-color: green;">50.0</td> <td style="background-color: green;">50.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left; font-size: small;">Mide el valor óhmico de las resistencias</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left; font-size: small;">Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos</td> <td>150.0</td> <td>100.0</td> <td style="background-color: red;">50.0</td> <td style="background-color: red;">50.0</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left; font-size: small;">Mide la intensidad de una rama del circuito</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table> <div style="margin-top: 10px; font-size: x-small;"> <p>Alimenta el circuito (Nivel 1): Elige el voltaje pedido de la fuente... NO alimenta el circuito (Nivel 2): Elige el voltaje pedido de la fuente... NO alimenta el circuito (Nivel 3): Elige el voltaje pedido de la fuente... NO alimenta el circuito (Nivel 4): Elige el voltaje pedido de la fuente... NO alimenta el circuito (Nivel 5): Elige el voltaje pedido de la fuente...</p> <p>Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos (Nivel 1): Conecta el multímetro en los terminales... NO conecta el multímetro en los terminales (Nivel 2): Conecta el multímetro en los terminales... NO conecta el multímetro en los terminales (Nivel 3): Conecta el multímetro en los terminales... NO conecta el multímetro en los terminales (Nivel 4): Conecta el multímetro en los terminales... NO conecta el multímetro en los terminales (Nivel 5): Conecta el multímetro en los terminales...</p> <p>Mide la intensidad de una rama del circuito (Nivel 1): Elige las puntas de prueba del multímetro... NO elige las puntas de prueba del multímetro (Nivel 2): Elige las puntas de prueba del multímetro... NO elige las puntas de prueba del multímetro (Nivel 3): Elige las puntas de prueba del multímetro... NO elige las puntas de prueba del multímetro (Nivel 4): Elige las puntas de prueba del multímetro... NO elige las puntas de prueba del multímetro (Nivel 5): Elige las puntas de prueba del multímetro...</p> </div> </div>			DESCRIPTORES					INDICADORES	1	2	3	4	5 (de...)	Implementa el circuito pedido	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	Alimenta el circuito	150.0	100.0	50.0	50.0	0.0	Mide el valor óhmico de las resistencias	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	150.0	100.0	50.0	50.0	0.0	Mide la intensidad de una rama del circuito	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	DESCRIPTORES																																										
INDICADORES	1	2	3	4	5 (de...)																																						
Implementa el circuito pedido	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0																																						
Alimenta el circuito	150.0	100.0	50.0	50.0	0.0																																						
Mide el valor óhmico de las resistencias	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																																						
Mide la caída de tensión (voltaje) entre dos puntos	150.0	100.0	50.0	50.0	0.0																																						
Mide la intensidad de una rama del circuito	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																																						

5.3 Contribución a los objetivos de los laboratorios remotos

En este apartado se presenta cómo AAAS (Activities Automatic Assessment System) contribuye a los objetivos prácticos propuestos por ABET como fundamentales en los laboratorios educativos de ingeniería. Para esta evaluación cualitativa se parte de los objetivos ya presentados en la Tabla 2.1 y se analizan dichas contribuciones para los ocho primeros, ya que éstos son los objetivos relacionados directamente con la competencia específica enunciada en el modelo. Se observa así en la Tabla 5.15 cómo la base fundamental que aporta valor a los objetivos propuestos por ABET son los diferentes tipos de retroalimentación proporcionados por AAAS.

5.4 Características de la “evaluación eficaz” en el modelo

Puesto que el modelo diseñado e implementado tiene como objetivo la evaluación automática, la siguiente validación se refiere a comprobar si cumple con las características de la denominada “evaluación eficaz” ya presentadas en la Tabla 2.2. Así, en la Tabla 5.16 se vuelven a enumerar dichas características y para cada conjunto de ellas se explica cómo se han tenido en cuenta en el modelo propuesto.

5.5 Comparación de AAAS con respecto a los modelos analizados

El capítulo tercero finalizó con un resumen del análisis realizado sobre las características principales de nueve modelos de evaluación *on-line* (Tabla 3.5). La variedad de campos en los que se aplicaban dichos modelos, los diferentes datos que trataban y los procesos que realizaban hacía complicada la comparación por parámetros específicos. Por eso se decidió analizarlos en cuanto a las fases de la analítica de datos buscando unas características más generales y comunes a todos ellos. En este apartado se analizan ahora esas mismas características presentando las mejoras de AAAS con respecto a dichos modelos, en cada una de las fases: captura de datos, preprocesado de datos, análisis de datos y muestra de resultados (Tabla 5.17).

Con respecto a la captura de datos todos los modelos analizados hacen uso de un ejercicio tomado como base para comparar con el ejercicio del alumno. El profesor además puede en la mayoría de los casos especificar qué variables hay que considerar como importantes para evaluar el ejercicio, aunque no siempre se especifica el tipo de interfaz utilizado para introducir esos datos o éste no es sencillo en su uso (SISA-EMU).

Tabla 5.15 Contribución del modelo a los objetivos prácticos propuestos por ABET.

OBJETIVOS (explicación en Tabla 2.1)	CONTRIBUCIÓN DEL MODELO
Instrumentación	Para utilizar instrumentación de forma adecuada y que sea la apropiada en cada caso, el estudiante necesita una retroalimentación que le confirme que lo que hace lo está haciendo bien y que le diga dónde está el fallo en el caso de que exista. El modelo incorpora varias formas de retroalimentación que hacen posible este objetivo.
Modelos	El laboratorio remoto VISIR proporciona las medidas que sobre los circuitos (modelo teórico de la Ley de Ohm) realiza el estudiante. Los valores obtenidos junto a la retroalimentación del sistema le permiten identificar si dicho modelo se cumple, inferir nuevos comportamientos o cambiar suposiciones erróneas.
Experimentos	La retroalimentación del modelo permite al alumno interpretar los resultados obtenidos, comprobar si son correctos e idear experimentos nuevos para corroborar lo aprendido.
Análisis de datos	El estudiante puede tomar como base el análisis realizado por el modelo para adquirir la capacidad de recopilar, analizar e interpretar los datos, para extrapolar después dicha competencia a otro tipo de experimentos.
Diseño	El modelo actúa a modo de depurador, proporcionando los informes necesarios para comprobar que los diseños realizados en el laboratorio remoto cumplen con las especificaciones pedidas y ayudar en su rediseño en caso contrario.
Aprendizaje de los errores	Como los resultados proporcionados por el modelo son independientes de la respuesta obtenida del laboratorio remoto, el estudiante ante un valor “extraño” puede comprobar con la retroalimentación del modelo si se debe a un fallo del laboratorio o a una incorrecta utilización de éste por su parte.
Creatividad	El modelo no limita el tipo de ejercicios que se pueden desarrollar para ser evaluados ni da opciones cerradas de respuesta, por lo que el estudiante conserva toda la capacidad de actuación que le proporciona el laboratorio.
Psicomotricidad	Las competencias de selección, modificación y uso de las herramientas y recursos propios del laboratorio a que hace referencia este objetivo son aspectos evaluados por el modelo.

Tabla 5.16 Comprobación de las características de la “evaluación eficaz”.

CARACTERÍSTICAS (explicación en Tabla 2.2)	CARACTERÍSTICAS EN EL MODELO
Válida	Para conseguir medir del modo más concreto y sin posibilidad de ambigüedad, los criterios de corrección tienen que ser objetivos e iguales en un momento determinado. El modelo utiliza para ello la ficha de evaluación que, junto con el ejercicio resuelto por el profesor, determina la rúbrica de evaluación, en base a la cual se llega a la valoración. Esta rúbrica puede además ser proporcionada al alumno para que en todo momento conozca cómo va a ser evaluado y cuáles son los aspectos más importantes en una fase determinada del proceso de aprendizaje.
Fiable, consistente	
Debe estar más allá de toda discusión	
Justa	El modelo parte del uso de los laboratorios remotos como plataforma de aprendizaje de las competencias prácticas de electrónica. El mayor hándicap de las destrezas prácticas es que en un laboratorio convencional hay estudiantes que no pueden desarrollarlas convenientemente porque no se dispone del tiempo necesario. Los laboratorios remotos permiten al alumno desarrollar dichas competencias sin la limitación del tiempo. Si el modelo de evaluación se basa en lo realizado en los laboratorios remotos, y no sólo en una práctica final sino en lo recogido durante todo el proceso de enseñanza-aprendizaje, como puede ser el caso con su uso, permite al estudiante desarrollar adecuadamente las competencias prácticas y evaluar en igualdad de condiciones a todos los alumnos en base a su esfuerzo y competencias adquiridas no dependientes del tiempo. Además, cuando un alumno sabe que su evaluación depende de dicho esfuerzo y no de factores externos se ve incrementada su motivación.
Inclusiva	
Motivadora	
Controlable	También el tiempo es un problema para el docente a la hora de evaluar. Si la evaluación se lleva a cabo durante las sesiones de laboratorio la base de evaluación va a ser normalmente el producto final y no el proceso, ya que el docente debe dividir un tiempo limitado entre todos los alumnos. En consecuencia, la retroalimentación proporcionada tampoco suele resultar la más adecuada, y a menudo se utilizan unos indicadores que simplifican el proceso pero que no siempre son los más adecuados, evalúan aquello que se busca o se ajustan al nivel exigido. Si la evaluación se realiza fuera del aula tomando como elemento, por ejemplo, un recurso muy utilizado como son los informes de laboratorio, el problema no desaparece: el profesor intenta simplificarlo al máximo porque la evaluación requiere un gran esfuerzo y tiempo
Auténtica	

Tabla 5.16 Comprobación de las características de la “evaluación eficaz”. (Cont.)

Exigente	por su parte. Esto llevado a la evaluación continua incrementa aún más el problema.
Eficiente	En este contexto el uso de los laboratorios remotos y del modelo propuesto para evaluación como complemento de lo realizado en el laboratorio tradicional ayuda significativamente en el proceso a todos los actores: los alumnos disponen de un recurso de autoevaluación que les permite prepararse previo a las sesiones de laboratorio y aprovechar éstas para preguntar las dudas surgidas; y el docente dispone de un “ayudante” que puede procesar gran cantidad de ejercicios en un breve tiempo siguiendo sus indicaciones, gracias al uso de las analíticas de aprendizaje y las rúbricas de evaluación. Esto le permite por una parte disponer de más tiempo para atender las dudas de los alumnos y por otra para conocer el progreso de éstos a lo largo del tiempo y poder actuar en consecuencia.

En AAAS el proceso es similar en cuanto a los datos de entrada utilizados, pero la interfaz, tanto para seleccionar los ejercicios de profesor y estudiante como para introducir la rúbrica de evaluación, está realizada bajo las premisas ya presentadas al comienzo del apartado 4.3 en cuanto a usabilidad, funcionalidad y distribución de la información, lo cual representa una ventaja con respecto a alguno de los modelos, con una interfaz más básica.

Todos los modelos, incluyendo AAAS, realizan un preprocesado de datos en mayor o menor medida, si se considera el preprocesado como un paso previo al análisis para seleccionar de entre todos los datos de entrada aquellos que van a intervenir en la evaluación.

Un requisito de la fase de análisis de datos es que la evaluación debe ser automática. Dicho requisito es cumplido por todos los modelos analizados excepto por ALICE. En AAAS también la evaluación se produce automáticamente una vez seleccionados los datos de entrada. El análisis de datos engloba muchas técnicas, entre ellas las métricas, algoritmos y operaciones matemáticas y estadísticas, y todas ellas pueden ser aptas para evaluar competencias. Sin embargo, en JAVAOPTICS no se utilizan para evaluar, sino para realizar estadísticas de uso que aunque interesantes no son el objetivo buscado.

Tabla 5.17 Comparación de las características principales de los modelos elegidos con AAAS.

	SISA-EMU	AUTOEVAL	SAW	ALICE	CBVR	SDLDS	F3A	JAVAOPTICS	GOLDi	AAAS
CAPTURA DE DATOS										
Ejercicio del alumno	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ejercicio correcto del profesor	X	X	X		X	X	X		X	X
Rúbrica de evaluación	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Mismo entorno para prueba y evaluación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Interfaz sencilla para el docente		X		X		X	X			X
PREPROCESADO DE DATOS										
Sólo se utilizan algunos datos	X	X	X		X	X	X	X	X	X
ANÁLISIS DE DATOS										
Corrección automática	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Comparación de ciertos parámetros de la entrada	X	X	X		X	X	X		X	X
Métricas y/o algoritmos			X		X	X	X		X	X
Operaciones matemáticas y/o estadísticas				X				X	X	
MUESTRA DE RESULTADOS										
Evaluación sumativa alumno		X	X	X	X				X	X
Evaluación sumativa profesor		X	X	X	X	X	X		X	X
Evaluación formativa alumno	X	X		X		X			X	X
Evaluación formativa profesor		X		X		X			X	X
Estadísticas de uso			X	X					X	

La muestra de resultados, sin embargo, siendo la fase más importante de todo el proceso, es la menos cuidada en la mayoría de los modelos analizados. Sólo dos de los modelos, AUTOEVAL y GOLDi, proporcionan retroalimentación formativa y sumativa a profesores y estudiantes. Es por esto que la comparación de AAAS en cuanto a muestra de resultados se va a realizar con respecto a estos dos modelos. En la Tabla 5.18 se recogen así

cuatro tipos de muestras, que corresponden a la evaluación sumativa y formativa para profesores y estudiantes. Las zonas sombreadas en cada uno de los modelos destacan las principales diferencias para esas características.

Tabla 5.18 Comparación de AAAS con otros modelos de evaluación.

MUESTRA DE RESULTADOS	AUTOEVAL	GOLDi	AAAS
Evaluación sumativa alumno	Por cada tipo de práctica: Número de intentos Calificación máxima Calificación final	Calificación del diseño final	Por cada actividad del proceso: Calificación final Calificaciones parciales según cumplimiento de competencias
Evaluación sumativa profesor	Calificación final		
Evaluación formativa alumno	Por cada actividad: Informe de errores/aciertos/valor correcto	Durante el diseño, previo a la evaluación: Mensajes informativos sobre errores/desviaciones	Por cada actividad: Informe de errores/aciertos/valor correcto Informe de igualdad/desigualdad con el ejercicio del profesor
Evaluación formativa profesor	Informes sobre las actividades de los alumnos	Informes estadísticos sobre fortalezas/debilidades de los alumnos según los pasos correctos/incorrectos realizados	Informe que relaciona la actividad realizada con el logro de competencias

Como puede observarse, aunque los tres modelos proporcionan ambos tipos de evaluación y para los dos usuarios, profesor y alumno, las diferencias son significativas:

- GOLDi sólo proporciona evaluación sumativa del diseño final del alumno, mientras que AUTOEVAL lo hace por cada tipo de práctica y AAAS por todas las actividades del proceso. Es decir, sólo AAAS permite al alumno conocer la calificación de todas las actividades

realizadas independientemente. Lo mismo sucede en cuanto a la evaluación sumativa del profesor.

- En el caso de la evaluación formativa también existen diferencias. En cuanto al alumno, GOLDi le proporciona mensajes mientras realiza el diseño, pero no así de la evaluación final. Por su parte, tanto AUTOEVAL como AAAS proporcionan al profesor y al alumno informes por cada actividad realizada. Sin embargo, los informes que proporciona GOLDi al docente son estadísticas sobre el desempeño general del alumno y de la clase, pero no sobre el proceso de actividades concretas.
- Una característica que sólo la proporciona AAAS es la evaluación de actividades relacionada con el logro de las competencias.

Del análisis y de la comparación realizada se puede concluir por tanto que el modelo propuesto, AAAS, cumple todas las características fundamentales de modelos de este tipo, y algunas de ellas con mayor calidad que los modelos analizados.

5.6 Resumen de la evaluación del modelo

En este capítulo se ha llevado a cabo la evaluación del modelo propuesto, AAAS (Activities Automatic Assessment System) desde cuatro perspectivas:

- Se ha validado el sistema con varios juegos de ensayo, elegidos todos ellos para mostrar la correcta funcionalidad del modelo en cada una de sus fases. Así, se ha demostrado la eficacia del modelo y cómo es capaz de evaluar de forma automática ejercicios realizados en el laboratorio remoto VISIR utilizando *learning analytics* y rúbricas de evaluación.
- Se ha explicado cómo contribuye el modelo a los objetivos de los laboratorios propuestos por ABET, aportando nuevas ventajas al uso de los laboratorios remotos.
- Se ha mostrado cómo los recursos que el modelo tiene en cuenta en su diseño (laboratorios remotos, *learning analytics* y rúbricas de evaluación) contribuyen a dar solución a los problemas que acompañan a la evaluación para que ésta sea eficaz.

- Se han realizado propuestas de mejora con respecto a las características de los nueve modelos de evaluación analizados en el capítulo 3, concluyendo que sólo dos de los modelos poseían todas las características deseables para realizar una comparación completa. En dicha comparación, centrada en la retroalimentación proporcionada por los sistemas, solo AAAS evalúa en base a competencias con rúbricas definidas, y es capaz de evaluar el proceso de todas las actividades realizadas por los alumnos y proporcionar retroalimentación al respecto.

Conclusiones y líneas futuras

En este capítulo se presentan las conclusiones obtenidas tras la finalización del trabajo de investigación expuesto en este documento y las líneas futuras consideradas. Para ello se revisa la hipótesis enunciada en el capítulo primero y los objetivos que de ella se derivan:

H. Es posible definir un modelo en el que se apliquen técnicas de analíticas de aprendizaje al campo de los laboratorios remotos que analice no sólo los datos de conexión sino todas las experiencias de uso, de modo que se puedan desarrollar herramientas automáticas de evaluación del aprendizaje.

En base al diseño e implementación presentados en el capítulo cuarto y a los resultados obtenidos en el capítulo quinto, se puede considerar validada la hipótesis enunciada ya que se cumplen tanto el objetivo general (OG) como los objetivos específicos en los que se divide:

- Se ha analizado el estado del arte en cuanto a objetivos a cubrir por los laboratorios remotos y por sus herramientas asociadas, a los requisitos para realizar una evaluación eficaz y a los modelos existentes para la evaluación automática de competencias prácticas en asignaturas de tecnología para determinar las características que debe cumplir el modelo.

- Se ha diseñado un modelo para el análisis de los datos recogidos durante el uso de laboratorios remotos, con el fin de facilitar la evaluación automática del aprendizaje.
- Se ha implementado una aplicación del modelo definido, centrado en un laboratorio remoto concreto.
- Se ha validado el modelo presentado haciendo uso de la aplicación implementada y de los datos reales recogidos durante el desarrollo de una asignatura en un entorno real de aplicación.
- Se ha validado que el modelo cumple con los objetivos propuestos para los laboratorios remotos y para sus herramientas asociadas, los requisitos para realizar una evaluación eficaz y las características definidas como fundamentales al analizar otros modelos existentes para la evaluación automática de competencias prácticas en asignaturas de tecnología.

Como aportaciones del modelo propuesto cabe destacar las siguientes:

- La combinación de las tres áreas en las que se sustenta el modelo (experimentación y evaluación de competencias a partir del MFUD, aplicación de técnicas de analíticas de aprendizaje y el aprendizaje y evaluación con ayuda de los laboratorios remotos) constituye un campo tecnológico único y novedoso no abordado hasta el momento.
- La introducción del modelo en el proceso de enseñanza-aprendizaje no supone introducir procesos nuevos ni más complicados que los que ya realizaban el estudiante y el profesor hasta el momento, sino que facilita el proceso de evaluación continua y autoevaluación de competencias prácticas en el área de la electrónica.
- Los resultados de la evaluación automática realizada por el modelo se presentan de modo adecuado para el usuario final (profesor y estudiante), ofrecen retroalimentación del progreso realizado (formativa y sumativa) y están asociados con la adquisición de competencias.

6.1 Publicaciones realizadas durante el trabajo de investigación

Durante el proceso de investigación de este trabajo se ha participado en diversos proyectos, seminarios, talleres, experiencias piloto y congresos relacionados con las tres áreas en las que se sustenta la tesis (Educación y evaluación de competencias, *Learning Analytics* y laboratorios remotos), tal y como se expone en el plan de trabajo del apartado 1.3, con el objetivo de intercambiar información sobre investigaciones actuales y recoger opiniones de los investigadores relevantes en cada área, así como de obtener retroalimentación según se han ido presentando avances del diseño e implementación del modelo en diferentes congresos.

Entre estas experiencias cabe destacar la oportunidad de trabajar en diferentes proyectos de innovación pedagógica bajo la dirección del Vicerrectorado de Innovación y Calidad de la Universidad de Deusto; la colaboración en proyectos de investigación en tecnología educativa dentro de la unidad de investigación *DeustoTech Learning* de la Universidad de Deusto; la participación en la formación y dinamización del grupo SNOLA (Spanish Network Of Learning Analytics); y la participación en proyectos dentro del Programa Aristos Campus Mundus, junto al grupo IQS de la Universitat Ramon Llull de Barcelona. Del intercambio de información y de la colaboración con los investigadores de estos grupos surgió la idea que ahora se materializa en esta tesis.

El conjunto de publicaciones que se enumeran a continuación muestra la evolución del trabajo realizado, sólo teniendo en cuenta aquellas de cada área directamente relacionadas con la tesis.

- Ruiz, M. P., Olalla, A. G. (Coord.). “Desarrollo de competencias y créditos transferibles: experiencia multidisciplinar en el contexto universitario”. *Ediciones Mensajero*. Universidad de Deusto, 2007.
- Guenaga, M., Romero, S., García-Zubia, J., Cuadros, J., Sabaté, L.G. “Learning Analytics y otras técnicas para la evaluación de la formación mixta con laboratorios remotos. Propuesta de una metodología para el análisis de datos”. *II Jornadas Interuniversitarias de Innovación docente (Aristos Campus Mundus 2015)*. Universidad de Deusto. Bilbao, 2013.

- García-Zubía, J., Romero, S., Guenaga, M., Hernández-Jayo, U., Angulo, I., Cuadros, J., Rodríguez-Gil, L. "Experiencia de Uso y Evaluación de VISIR en Electrónica Analógica". *Actas de la Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información (CISTI)*, (Vol. 1, pp. 1343-1348), 2013.
- Guenaga, M., Romero, S., García-Zubia, J., Sabaté, L. G., Cuadros, J. "Impacto del uso de laboratorios remotos en los grados de ingeniería: analítica de datos y otras técnicas". *Ikasnabar 2013 International Conference*, 2013.
- Romero, S. "Learning analytics with remote laboratories: proposal for an automatic assessment model". "LASI-Local Madrid" *International Workshop, in conjunction with 2nd Learning Analytics Summer Institutes (LASI)*, 2014.
- Romero, S., Guenaga, M., Garcia-Zubia, J., Orduña, P. "An automatic assessment model for remote laboratories". *2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, (pp. 1139-1141), 2014.
- Romero, S., Guenaga, M., Garcia-Zubia, J., Orduña, P. "New challenges in the Bologna Process: using remote laboratories and learning analytics to support teachers in continuous assessment". *XVI International Symposium on Computers in Education (SIIE)*, (pp. 227-230), 2014.
- Romero, S., Guenaga, M., García-Zubia, J., Orduña, P. "Automatic assessment of progress using remote laboratories". *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, 11(2), (pp. 49-54), 2015.
- Cuadros, J., González, L., Martori, F., Olivé, A., Serrano, V., Carré, M., Oriol, J., Terradas, Á., Guenaga, M.L., García-Zubia, J., Romero, S., Calvo, M., Miñarro, A., Carnicer, A. "Assessing learning activities through analyzing action logs". *Learning Analytics Summer Institutes (LASI 2015 Bilbao)*, 2015.
- Cuadros, J., González, L., Romero, S., Guenaga, M. L., Garcia-Zubia, J., Orduña, P. "Educational Data Mining in an Open-Ended Remote Laboratory on Electric Circuits. Goals and Preliminary Results". *Proceedings of the 8th International Conference on Educational Data Mining (EDM)*, (pp. 578-579), 2015.

6.2 Líneas futuras

Una vez demostrado que el uso de técnicas de *Learning Analytics* aplicadas al trabajo realizado con laboratorios remotos permite observar y analizar el progreso realizado con dichos laboratorios, las posibles líneas futuras de investigación son variadas. Entre ellas se destacan las siguientes por su relación directa con el trabajo aquí expuesto:

- Evaluar el impacto que sobre los estudiantes tiene la retroalimentación proporcionada por el modelo desde dos puntos de vista: el subjetivo de la opinión de los alumnos, y el objetivo evaluando el aprendizaje conseguido cuando se obtiene y cuando no se obtiene dicha retroalimentación.
- Evaluar la calidad de uso del modelo propuesto desde el punto de vista del docente, en cuanto a tiempo ahorrado en la evaluación (efectividad y productividad), experiencia de uso de la herramienta asociada (satisfacción) y seguridad en cuanto a los resultados proporcionados.
- Ampliar el modelo para incorporar nuevos experimentos del laboratorio remoto VISIR y para incorporar dicho modelo en otros laboratorios remotos. La filosofía sería la misma y las fases de captura de datos y preprocesado continuarían igual. Los cambios se encontrarían en la fase de análisis, donde habría que tener en cuenta nuevos componentes con sus configuraciones y tratamientos determinados, y en la fase de muestra de resultados, donde habría que añadir las fichas de evaluación adaptadas a las nuevas competencias a cubrir.
- Integrar el modelo propuesto dentro del LRMS WebLab-Deusto, de modo que ambos se complementen, pudiendo hacer uso de características del LRMS como autenticación, realización de las actividades y recogida de datos, y aportando la evaluación, todo desde un mismo entorno.
- Estudiar posibles correlaciones entre los datos de entrada (género, estudios previos, edad, etc.) y los resultados obtenidos. Para ello se haría uso de las técnicas de *learning analytics* que se corresponden con estadísticas de uso. La recogida de estos datos debería tener en cuenta

dos dimensiones no trabajadas hasta el momento: los entornos mixtos (presencial con ayuda de la tecnología) y la ética en cuanto al tratamiento de los datos. En el primer caso se podría tener en cuenta lo sucedido en el aula y/o en el espacio de aprendizaje mientras se desarrollan las actividades y ver la influencia que esto tiene. En el caso del tratamiento ético de los datos, aunque ya para este estudio se han anonimizado los datos recogidos del laboratorio, si a éstos se suman datos personales se debería seguir un protocolo de actuación adecuado a este tipo de investigaciones.

- Aplicar algoritmos de analítica de datos que permitan inferir patrones de comportamiento en los alumnos, de modo que la retroalimentación que se les proporcione no sólo dependa de una actividad concreta realizada, sino de un conjunto de ellas, pudiendo personalizarse dicha retroalimentación.

Referencias bibliográficas

- [AA09] Aydogmus, Z., Aydogmus, O. "A Web-Based Remote Access Laboratory Using SCADA". *IEEE Transactions on Education*, Vol. 52, Issue 1, (pp. 126), 2009.
- [AB96] Aktan, B., Bohus, C.A. "Distance Learning Applied to Control Engineering Laboratories". *IEEE Transactions on Education*, Vol 39, No.3, (pp. 320-326), 1996.
- [ABM+02] del Alamo, J. A., Brooks, L., McLean, C., Hardison, J., Mishuris, G., Chang, V., Hui, L. "The MIT Microelectronics WebLab: a Web-Enabled Remote Laboratory for Microelectronic Device Characterization". *World Congress on Networked Learning in a Global Environment*, Berlin (Germany), 2002.
- [ACH+03] del Alamo, J.A., Chang, V., Hardison, J., Zych, D., Hui, L. "An online microelectronics device characterization laboratory with a circuit-like user interface". *Proceedings of International Conference Engineering Education (ICEE)*, Valencia (Spain), 2003.
- [Ach11] Achumba, I. "Intelligent performance assessment in a virtual electronic laboratory". *Doctoral dissertation*, University of Portsmouth, 2011.
- [AD13] Aljohani, N. R., Davis, H. C. "Learning Analytics and Formative Assessment to Provide Immediate Detailed Feedback Using a Student Centered Mobile Dashboard". *IEEE Seventh International Conference on Next Generation Mobile Apps, Services and Technologies (NGMAST)*, (pp. 262-267), 2013.
- [AF13] Asseburg, R., Frey, A. "Too hard, too easy, or just right? The relationship between effort or boredom and ability-difficulty fit". *Psychological Test and Assessment Modeling*, 55(1), (pp.92-104), 2013.
- [AG12] Alves, G., Garcia-Zubía, J. (Eds.). "Using Remote Labs in Education". *Ed. University of Deusto*, 2012.
- [AGS+07] Alves, G.R., Gericota, M.G., Silva, J.B., Bosco, J. "Large and small scale networks of remote labs: a survey". *Advances on remote laboratories and e-learning experiences*, Ed. by L. Gomes and J. Garcia Zubia, University of Deusto, Bilbao, (pp. 15-34), 2007.
- [AHG+06] Åkesson, H., Håkansson, L., Gustavsson, I., Zackrisson, J., Claesson, I., Lagö, T. "Vibration Analysis of Mechanical Structures over the Internet Integrated into Engineering Education". *Proceedings of the 2006 ASEE Annual Conference*, Chicago (USA), 2006.
- [AHG11] AL-Smadi, M., Höfler, M., Guetl, C. "Integrated and enhanced e-assessment forms for learning: Scenarios from alice project". *IEEE 2011 14th International Conference On Interactive Collaborative Learning (ICL)*, (pp. 626-631), 2011.

- [AJL+08] Álvarez, C., Jiménez-González, D., López, D., Alonso, J., Tous, R., Parcerisa, J. M., ... Pérez, C. "SISA-EMU: feedback automático para ensamblador". *XII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, 2008.
- [AKB01] Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Bloom, B. S. "A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives". *Allyn & Bacon*, 2001.
- [Ala04] del Alamo, J. A. "iLabs: Performing Laboratory Experiments Across Continents". *Learning International Networks Consortium Workshop (LINC)*, MIT, 2004.
- [AM01] Arter, J., McTighe, J. "Scoring rubrics in the classroom: Using performance criteria for assessing and improving student performance". *Corwin Press*, 2001.
- [AMM91] Aburdene, M.F., Mastascusa, E.J., Massengale, R. "A proposal for a remotely shared control systems laboratory". *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference (ASEE)*, (pp. 589-592), 1991.
- [And05] Andrade, H. G. "Teaching with rubrics: The good, the bad, and the ugly". *College teaching*, 53(1), (pp. 27-31), 2005.
- [AS02] Amaratunga, K., Sudarshan, R. "A virtual laboratory for real-time monitoring of civil engineering infrastructure". *Proceedings of International Conference Engineering Education (ICEE)*, Manchester (U.K.), 2002.
- [ASE87] ASEE. "A National Action Agenda for Engineering Education". *Washington, D.C.: American Society for Engineering Education*, 1987.
- [AT05] Adomavicius, G., Tuzhilin, A. "Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions". *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 17(6), (pp. 734-749), 2005.
- [AWS06] Atterer, R., Wnuk, M., Schmidt, A. "Knowing the user's every move: user activity tracking for website usability evaluation and implicit interaction". *Proceedings of the 15th international conference on World Wide Web*, ACM, (pp. 203-212), 2006.
- [BBK+07] Baartman, L. K., Bastiaens, T. J., Kirschner, P. A., van der Vleuten, C. P. "Evaluating assessment quality in competence-based education: A qualitative comparison of two frameworks". *Educational Research Review*, 2(2), (pp. 114-129), 2007.
- [BCP+00] Bagnasco, A., Chirico, M., Parodi G., Scapolla, A.M. "Virtual Laboratory for Remote Engineering Education". *International Perspective on Tele-education and Virtual Learning Environment*, Ashgate Book, ISBN 0-7546-1202-3, 2000.
- [BCS05a] Bagnasco, A., Chirico, M., Scapolla, A.M. "A New and Open Model to Share Laboratories in the Internet". *IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement*, Vol. 54, (pp 1111-1117), 2005.

- [BFR08] Bauer, P., Fedak, V., Rompelman, O. "PEMCWebLab - Distance and Virtual Laboratories in Electrical Engineering: Development and Trends". *Proceedings of the 13th International Power Electronics and Motion Control Conference EPE PEMC*, (pp 2354-2359), Poznan (Poland), 2008.
- [BG03] Brown, S. A., Glasner, A. (Eds.). "Evaluar en la universidad: problemas y nuevos enfoques". *Narcea Ediciones*, 2003.
- [BH14] Bal, M., Hamilton, O. H. "Assessment of Remote Laboratory Practices in Engineering Technology Distance Education". *ASEE International Forum*, Indianapolis, 2014.
- [BHM77] Bloom, B. S., Hastings, J. T., Madaus, G. F. "Evaluación del aprendizaje". *Troquel*, 1977.
- [BJ09] Bouzidi, J., Jaillet, A. "Can online peer assessment be trusted?". *Journal of Educational Technology & Society*, 12(4), (pp. 257-268), 2009.
- [BKP+12] Barney, S., Khurum, M., Petersen, K., Unterkalmsteiner, M., Jabangwe, R. "Improving students with rubric-based self-assessment and oral feedback". *IEEE Transactions on Education*, 55(3), (pp. 319-325), 2012.
- [BL97] Berry, M. J., Linoff, G. "Data mining techniques: for marketing, sales, and customer support". *John Wiley & Sons, Inc.*, 1997.
- [Bla08] Blanco, A. "Las rúbricas: un instrumento útil para la evaluación de competencias". *La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje: estrategias útiles para el profesorado*. Barcelona: Octaedro-ICE de la Universidad de Barcelona, 2008.
- [BM06] Brezovec, B., Matko, V. "Remote measurement of temperature and humidity in climate chamber with LabVIEW software". *Proceedings of Remote Engineering & Virtual Instrumentation Conference (REV)*, Brasov (Rumanía), 2006.
- [Bos02] Boston, C. "The Concept of Formative Assessment". *ERIC Digest*, 2002.
- [BP05] Brough, J. A., Pool, J. E. "Integrating learning and assessment: The development of an assessment culture". *Curriculum integration K-12: Theory and practice*, (pp. 196-204), 2005.
- [BP13] Brown, S., Pickford, R. "Evaluación de habilidades y competencias en Educación Superior". *Narcea*, 2013.
- [BPP+07] Bagnasco, A., Poggi, A., Parodi, G., Scapolla, A.M. "A Configurable Remote Laboratory for the Flexible Setup of Experiments in Electronics". *Advances on remote laboratories and e-learning experiences*, Ed. by L. Gomes and J. García Zubia, University of Deusto, Bilbao, (pp. 271-283), 2007.
- [Buc00] Buchanan, T. "The efficacy of a World-Wide Web mediated formative assessment". *Journal of Computer Assisted Learning*, 16(3), (pp. 193-200), 2000.

- [BW95] Butler, D. L., Winne, P. H. "Feedback and self-regulated learning: A theoretical synthesis". *Review of educational research*, 65(3), (pp. 245-281), 1995.
- [BW98] Black, P., Wiliam, D. "Inside the black box: Raising standards through classroom assessment". *Granada Learning*, 1998.
- [Cal79] Calonghi, L. "Valuazione". *Brescia: La Scuola*, 1979.
- [Can05] Cano, E. "Cómo mejorar las competencias de los docentes". *Graó*, Barcelona, 2005.
- [CAP05] Coito, F., Almeida, P., Palma, L.B. "SMCRVI - a Labview/Matlab based tool for remote monitoring and control". *Proceedings of 10th IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, (pp. 1084-1090), 2005.
- [CCT12] Chiocciariello, A., Ceregini, A., Tavella, M. "UniSchoolLabs Toolkit: Tools and Methodologies to Support the Adoption of Universities' Remote and Virtual Labs in Schools". *iJOE*, 8(S3), (pp. 60-64), 2012.
- [CDF02] Cooper, M., Donnelly, A., Ferreira, J.M. "Remote controlled experiments for teaching over the internet: a comparison of approaches developed in the PEARL project". *Proceedings of 19th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education (ASCILITE)*, (pp 119-128), Auckland (New Zealand), 2002.
- [CEE67] Commission on Engineering Education, "New Directions in Laboratory Instruction for Engineering Students". *Journal of Engineering Education*, Vol. 58, No. 3, (pp. 191-195), 1967.
- [Chen00] Chen, Q. (Ed.). "Human computer interaction: issues and challenges". *IGI Global*, 2000.
- [CJB+06] Chang, T., Jaroonsiriphan, P., Bernhardt, M., Ludden, P. "Web-based command shaping of cobra 600 robot with a swinging load". *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 2, Issue 1, (pp. 59-69), 2006.
- [CLC+14] Chorana, A., Lakhdari, A., Cherroun, H., Naoui, S. O. "XML-based fully automatic assessment system for IT skills". *IEEE 2014 International Conference on Web and Open Access to Learning (ICWOAL)*, (pp. 1-6), 2014.
- [CMC+10] Carnicer González, A., Mas Soler, J., Cuadros, J., Juvells Prades, I., Pedro Puente, X. D. "Seguimiento del aprendizaje mediante análisis de trazas en una simulación de trampas ópticas". *Óptica Pura y Aplicada*, vol. 43, num. 2, (pp. 119-125), 2010.
- [CMK+10] Costa, D. S., Mullan, B. A., Kothe, E. J., Butow, P. "A web-based formative assessment tool for Masters students: A pilot study". *Computers & Education*, 54(4), (pp. 1248-1253), 2010.
- [CNE+04] Corter, J.E., Nickerson, J.V., Esche, S.K., Chassapis, C. "Remote versus hands-on labs: a comparative study". *Proceedings of 34th Annual Frontiers in Education*

- Conference*, FIG (pp.17-21), Vol. 2, 2004.
- [CPA+00] Choy, G., Parker, D.R., d'Amour, J.N., Spencer, J.L. "Remote experimentation: a Web-operable two-phase flow experiment". *Proceeding of the 2000 American Control Conference*, Vol. 4, (pp. 2939-2943), Chicago (USA), 2000.
- [CPV03] Casini, M., Prattichizzo, D., Vicino, A. "The automatic control telelab: a user-friendly interface for distance learning". *IEEE Transactions on Education*, Vol. 46, Issue 2, (pp. 252), 2003.
- [Cri11] Crisp, G. "Teacher's Handbook on e-Assessment". *Transforming Assessment-An ALTC Fellowship Activity*, 2011.
- [CSS+06] Cedazo, R., Sánchez, F.M., Sebastián, J.M., Martínez, A., Pinazo, A., Barros, B., Read, T. "Ciclope chemical: a remote laboratory to control a spectrograph". *Proceedings of Advances in Control Education Conference (ACE06)*, Madrid (España), 2006.
- [CT09] Chen, Y. C., Tsai, C. C. "An educational research course facilitated by online peer assessment". *Innovations in Education and Teaching International*, 46(1), (pp. 105-117), 2009.
- [CVN+07] Castro, F., Vellido, A., Nebot, À., Mugica, F. "Applying data mining techniques to e-learning problems". *Evolution of teaching and learning paradigms in intelligent environment*, (pp. 183-221). Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [Der09] Dermo, J. "e-Assessment and the student learning experience: A survey of student perceptions of e-assessment". *British Journal of Educational Technology*, 40(2), (pp. 203-214), 2009.
- [DL07] Dostálová, L., Lang, J. "Organon – the web tutor for basic logic courses". *Logic Journal of IGPL*, 15(4), (pp. 305-311), 2007.
- [DM06] Dornisch, M. M., & McLoughlin, A. S. "Limitations of web-based rubric resources: Addressing the challenges". *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 11(3), (pp. 1-8), 2006.
- [Dor02] Dormido, S. "Control learning: present and future". *Proceedings of 15th World Conference of the International Federation of Automatic Control (IFAC'02)*. Plenary Lecture. Barcelona, 2002.
- [DSM00] Dormido, S., Sánchez, J., Morilla, F. "Laboratorios virtuales y remotos para la práctica a distancia de la Automática", *Proceedings del Congreso Online Educa Madrid*, Madrid, 2000.
- [EAC03] Engineering Accreditation Commission, "Criteria for accrediting engineering programs", *ABET Report E1 11/19*, 3, 2003.
- [ED11] El Helou, S., Gillet, D. "The Four Elements of a viable Personal Learning Enviroments". *1st Workshop on Exploring the Fitness and Evolvability of Personal Learning Environments (EFEPLE'11)*, La Clusaz (France), 2011.

- [Eli11] Elias, T. "Learning analytics: Definitions, processes and potential". *Learning*, 23, (pp. 134-148), 2011.
- [Fer12] Ferguson, R. "Learning analytics: drivers, developments and challenges". *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5), (pp. 304-317), 2012.
- [FR05] Feisel, L. D., Rosa, A. J. "The role of the laboratory in undergraduate engineering education". *Journal of Engineering Education*, 94(1), (pp. 121-130), 2005.
- [GAG+09] Gairín, J., Armengol, C., Gisbert, M., García, M. J., Rodríguez, D., Cela, J. M. "Guía para la evaluación de competencias en el área de Ciencias Sociales". *Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya*, 2009.
- [GAH08] García-Zubia, J., Angulo, I., Hernandez, U., Orduña, P. "Plug&Play Remote Lab for Microcontrollers: WebLab-DEUSTO-PIC". *Proceedings of 7th European Workshop on Microelectronics Education*, BME – Budapest (Hungary), 2008.
- [GAO+10] García-Zubia, J., Angulo, I., Orduña, P., Hernández, U., Irurzun, J., Ruiz, J., Castro, M., Sancristobal, E. "Easily Integrable platform for the deployment of a Remote Laboratory for microcontrollers". *Proceedings of IEEE Education Engineering Conference (EDUCON)*, (pp. 327), 2010.
- [GB09] Gomes, L., Bogosyan, S. "Current Trends in Remote Laboratories". *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. Vo. 56, Issue 12, (pp. 4744-4756), 2009.
- [GBK08] Gruttmann, S., Bohm, D., Kuchen, H. "E-assessment of mathematical proofs: chances and challenges for students and tutors". *IEEE 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering*, Vol. 5, (pp. 612-615), 2008.
- [GCC+07] Gomes, L., Coito, F., Costa, A., Brito, L. "Teaching, learning and remote laboratories". *Advances on remote laboratories and e-learning experiences*, Ed. by L. Gomes and J. García Zubia, University of Deusto, Bilbao, (pp. 180-204), 2007.
- [GEJ+15] Guenaga, M., Eguíluz, A., Jerez, A. R., Torientes, E. Q. "Un juego Serio para Desarrollar y Evaluar la Competencia de Trabajo en Equipo". *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, (21), 1, 2015.
- [GFB+08] Gravier, C., Fayolle, J., Bayard, B., Ates, M. and Lardon, J. "State of the Art About Remote Laboratories Paradigms—Foundations of Ongoing Mutations". *International Journal of Online Engineering (iJOE)*. Vol. 4, No. 1, (pp. 19-25), 2008.
- [GG07] Gomes, L., García-Zubia, J. Eds. "Advances on remote laboratories and e-learning experiences", Ed. *University of Deusto*, 2007.
- [GGH+10] García-Zubía, J., Gustavsson, I., Hernández-Jayo, U., Orduña, P., Angulo, I., Ruiz de Garibay, J. "El proyecto VISIR en la Universidad de Deusto:

- laboratorio remoto para electrónica básica". *Actas del IX Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica (TAEE)*, Madrid, 2010.
- [GGM14] González-Fernández, M. J., García-Alonso, J. M., Montero, E. "The Use of Rubric-Based Method to Assess Teamwork Skill Development. A Case Study in Science and Engineering Courses". *Conference proceedings. New perspectives in science education* (p. 409). Librería universitaria. it Edizioni, 2014.
- [GHA+09] García-Zubia, J., Hernández-Jayo, U., Angulo, I., Orduña, P., Irurzun, J. "Acceptance, Usability and Usefulness of WebLab-Deusto from the Students Point of View". *International Journal of Online Engineering (iJOE)*. Vol. 5. No. 1, 2009.
- [GHG+11] García-Zubía, J., Henandez-Jayo, U., Gustavsson, I., Alves, G. R. "Academic effectiveness of VISIR remote lab in analog electronics", (<http://www.researchgate.net/publication/267824149>) (comprobado 22-07-2015), 2011.
- [GKC10] Gutiérrez, I., Kloos, C. D., Crespo, R. M. "Assessing assessment formats: The current picture". Special session: Assessing assessment formats. *2010 IEEE Education Engineering (EDUCON)*, (pp. 1233-1238), 2010.
- [GL07] Gonzalez-Barbone, V., Llamas-Nistal, M. "eAssessment: Trends in content reuse and standardization". *IEEE 37th Annual Frontiers In Education Conference-Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports (FIE'07)*, (pp. T1G-11), 2007.
- [GL08] Gonzalez-Barbone, V., Llamas-Nistal, M. "eAssessment of open questions: an educator's perspective". *IEEE 38th Annual Frontiers in Education Conference, (FIE 2008)*, (pp. F2B-1), 2008.
- [GLC12] GLC, I. "IMS question & test interoperability specification". (<http://www.imsglobal.org/question/index.html>) (comprobado 22-07-2015), 2012.
- [GLH+07] García-Zubía, J., López de Ipiña, D., Hernández, U., Orduña, P., Trueba, I. "An Approach for WebLabs Analysis". *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, Vol.3, No. 2, 2007.
- [GLO+06a] García-Zubia, J., Lopez-de-Ipiña, D., Orduña, P., Hernández-Jayo, U., Trueba, I. "Questions and Answers for Designing Useful WebLabs". *International Journal of Online Engineering (iJOE)*. Vol. 2, No. 3, 2006.
- [GLO+06b] García-Zubia, J., López-de-Ipiña, D., Orduña, P., Hernández, U., Trueba, I. "Evolution of the WebLab at the University of Deusto". *Proceedings of 6th European Workshop on Microelectronics Education (EWME)*, Stockholm (Sweden), 2006.
- [GM05] Garcia-Zubia, J., del Moral, A. "Suitability and implementation of a WebLab in engineering". *Proceedings of 10th IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, (pp. 56-64), Catania, 2005.

- [GM07] Gaytan, J., McEwen, B. C. "Effective online instructional and assessment strategies". *The American Journal of Distance Education*, 21(3), (pp. 117-132), 2007.
- [GN14] Gonzalez, Y. B., Nistal, M. L. "Assessment functionalities on e-learning platforms: An analysis". *IEEE 2014 XI Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica (Technologies Applied to Electronics Teaching)(TAAE)*, (pp. 1-8), 2014.
- [GNR05] Gillet, D., Nguyen Ngoc, A.V., Rekik, Y. "Collaborative web-based experimentation in flexible engineering education". *IEEE Transactions on Education*, Vol. 48, Issue. 4. (pp. 696-704), 2005.
- [GNZ+09] Gustavsson, I., Nilsson, K., Zackrisson, J., Garcia-Zubia, J., Hernández-Jayo, U., Nafalski, A., Nedic, Z., Gol, O., Machotka, J., Pettersson, M.I., Lago, T., Hkansson, L. "On objectives of instructional laboratories, individual assessment, and use of collaborative remote laboratories". *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Vol 2, Issue 4, (pp. 263-274), 2009.
- [GOA+11] Garcia-Zubia, J., Orduña, P., Angulo, I., Hernandez, U., Dziabenko, O., Lopez-Ipina, D., Rodriguez-Gil, L. "Application and user perceptions of using the WebLab-Deusto-PLD in technical education". *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, (pp. GOLC1-1), 2011.
- [GOH+09] García-Zubia, J., Orduña, P., Hernández-Jayo, U., Angulo, I., Irurzun, J. "Students' review of acceptance, usability and usefulness of WebLab-Deusto". *Journal of Digital Information Management (JDIM)*. Vol. 7, No. 3, 2009.
- [GOL+06] García-Zubía, J., Orduña, P., López-de-Ipiña, D., Hernández, U., Trueba, I. "Remote laboratories from the software engineering point of view". *Advances on remote laboratories and e-learning experiences*, 2006.
- [GOL+09] Garcia-Zubia, J., Orduña, P., Lopez-de-Ipina, D., Alves, G.R. "Addressing Software Impact in the Design of Remote Laboratories". *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vo. 56 Issue 12, (pp. 4757-4767), 2009.
- [GRB10] Rodriguez-Andina, J.J., Gomes, L., Bogosyan, S. "Current Trends in Industrial Electronics Education". *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. Vo. 57, Issue 10, (pp. 3245-3252), 2010.
- [GRG+13a] García-Zubía, J., Romero, S., Guenaga, M., Hernández-Jayo, U., Angulo, I., Cuadros, J., ... Rodríguez-Gil, L. "Experiencia de Uso y Evaluación de VISIR en Electrónica Analógica". *Actas de la 9ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*. Vol. 1, (pp. 1343-1348), 2013.
- [GRG+13b] Guenaga, M., Romero, S., García-Zubia, J., Cuadros, J., Sabaté, L.G. "Learning Analytics y otras técnicas para la evaluación de la formación mixta con laboratorios remotos. Propuesta de una metodología para el análisis de datos". *II Jornadas Interuniversitarias de Innovación docente (Aristos Campus Mundus 2015)*. Universidad de Deusto, Bilbao, 2013.

- [Gro12] Gros, B. "Retos y tendencias sobre el futuro de la investigación acerca del aprendizaje con tecnologías digitales". *RED: Revista de Educación a Distancia* (www.um.es/ead/red/32) (comprobado 22-07-2015), 2012.
- [GS08] Gercek, G., Saleem, N. "Transforming Traditional Labs into Virtual Computing Labs for Distance Education". *International Journal of Online Engineering (iJOE)*. Vol. 4. No. 1, 2008.
- [Gus03] Gustavsson, I. "Remote Laboratory for Electrical Experiments". *Chapter 5 in Lab on the Web: Running Real Electronics Experiments via the Internet*. Edited by Tor A. Fjeldly, Michael S. Shur. Wiley-IEEE Press, 2003.
- [Gus06] Gustavsson, I. et al. "An Instructional Electronics Laboratory Opened for Remote Operation and Control". *Proceedings of the ICEE 2006 Conference, San Juan (Puerto Rico)*, 2006.
- [GW06] González, J., Wagenaar, R. "Tuning Educational Structures in Europe II. La contribución de las universidades al proceso de Bolonia", *Publicaciones de la Universidad de Deusto*, 2006.
- [GXC+15] Goggins, S., Xing, W., Chen, X., Chen, B., Wadholm, B. "Learning Analytics at 'Small' Scale: Exploring a Complexity-Grounded Model for Assessment Automation". *Journal of Universal Computer Science*, 21(1), (pp. 66-92), 2015.
- [GZH+07] Gustavsson, I., Zackrisson, J., Håkansson, L., Claesson, I., Lagö, T.L. "The VISIR project - an Open Source Software Initiative for Distributed Online Laboratories". *Proceedings of Remote Engineering & Virtual Instrumentation Conference (REV)*, Porto (Portugal), 2007.
- [GZO04] Gustavsson, I., Zackrisson, J., Olsson, T. "Traditional Lab Sessions in a Remote Laboratory for Circuit Analysis". *Proceedings of the 15th EAAEIE Annual Conference on Innovation in Education for Electrical and Information Engineering*, Sofia (Bulgaria), 2004.
- [HAL+08] Harward, V.J., del Alamo, J.A., Lerman, S.R., Bailey, P.H. et al. "The iLab Shared Architecture: A Web Services Infrastructure to Build Communities of Internet Accessible Laboratories". *Proceedings of the IEEE*. Vol. 96, Issue 6, (pp. 931), 2008.
- [Han04] Hanna, M. "Data mining in the e-learning domain". *Campus-wide information systems*, 21(1), (pp. 29-34), 2004.
- [HHM13] Hettiarachchi, E., Huertas, M. A., Mor, E. "Skill and Knowledge E-Assessment: A Review of the State of the Art". *IN3 Working Paper Series*, 2013.
- [Hil82] Hills, J. R. "Evaluación y medición en la escuela". *Kapelus*, 1982.
- [HJ97] Harlen, W., James, M. "Assessment and learning: differences and relationships between formative and summative assessment". *Assessment in Education*, 4(3), (pp. 365-379), 1997.

- [HMM09] Heinrich, E., Milne, J., Moore, M. "An Investigation into E-Tool Use for Formative Assignment Assessment-Status and Recommendations". *Educational Technology & Society*, 12(4), (pp. 176-192), 2009.
- [HPT+02] Hirschman, L., Park, J. C., Tsujii, J., Wong, L., Wu, C. H. "Accomplishments and challenges in literature data mining for biology". *Bioinformatics*, 18(12), (pp. 1553-1561), 2002.
- [Hue11] Huertas, A. "Ten years of computer-based tutors for teaching logic 2000-2010: lessons learned". *Tools for Teaching Logic*, (pp. 131-140), Springer Berlin Heidelberg, 2011.
- [Hun04] Hunter, W. D. "Got Global Competency?". *International Educator*, 13(2), (pp. 6-12), 2004.
- [IMB01] IBM Corporation. "IBM user interface architecture", 1ª edición, 2001.
- [Imp13] Imperial College London. "Pandora IV". (<http://www.doc.ic.ac.uk/pandora/newpandora/index.html>) (comprobado 22-07-2015), 2013.
- [Iva14] Ivančević, V. "Constructing Programming Tests from an Item Pool: Pushing the Limits of Student Knowledge using Assessment and Learning Analytics". *Journal of Learning Analytics*, 1(3), (pp. 161-164), 2014.
- [Jay12] Jayo, U. H. "Metodología de control independiente de instrumentos y experimentos para su despliegue en laboratorios remotos". *Doctoral dissertation*, Universidad de Deusto (Spain), 2012.
- [JHM+02] Jonassen, D. H., Howland, J., Moore, J., Marra, R. M. "Learning to solve problems with technology: A constructivist perspective", 2002.
- [JLD+12] Juste, R. P., Llamas, J. L. G., Díaz, J. Q., Martínez, R. M. G., Galán, M. A. G., Losada, N. R. "El portfollio: aprendizaje, competencias y evaluación". *Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED*, 2012.
- [Jon13] De Jong, T. "Deliverable D1.1 Final Go-Lab learning spaces specification", 2013.
- [JS07] Jonsson, A., & Svingby, G. "The use of scoring rubrics: Reliability, validity and educational consequences". *Educational research review*, 2(2), (pp. 130-144), 2007.
- [KBC04] Kennepohl, K., Baran, J., Currie, R. "Remote instrumentation for the teaching laboratory". *Journal of Chemical Education*, vol. 81, no 12, (pp. 1814), 2004.
- [LCC11] Llamas-Nistal, M., Caeiro-Rodríguez, M., Castro, M. "Use of ELearning Functionalities and Standards: The Spanish Case". *IEEE Transactions on Education*, vol.54, no.4, (pp.540-549), 2011

- [LCC+13] Llamas-Nistal, M., Caeiro, M., Castro, M., Plaza, I., Tovar, E. "Engineering education in Spain: One year with the Bologna process". *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, (pp. 566-572), 2013.
- [LCS+06] López, D., Cedazo, R., Sánchez, F. M., Sebastián, J. M. "Ciclope astro ccd: A webcam astrophotography tool for a remote astronomical observatory". *Current Developments in Technology-Assisted Education*, 2, (pp.1193-1197), 2006.
- [Lew04] Lewis, M. "Moneyball: The art of winning an unfair game". *WW Norton & Company*, 2004.
- [LEW92] Lewin, K. "La investigación-acción y los problemas de las minorías". *La Investigación-Acción Participativa: Inicios y Desarrollos*, (pp. 13-25), 1992.
- [LG02] Lindsay, E., Good, M. "The development of a rubric for evaluating critical thinking outcomes in undergraduate engineering laboratories". *Proceedings of the 13th Annual Conference of AaeE*, Canberra (Australia), 2002.
- [LGK03] Larrauri, J. I., Garcia, J., Kahoraho, E. "Integration of WebLab Systems in Engineering Studies". *International Conference on Engineering Education* (pp. 21-27), 2003.
- [LK07] Liu, H., Kešelj, V. "Combined mining of Web server logs and web contents for classifying user navigation patterns and predicting users' future requests". *Data & Knowledge Engineering*, 61(2), (pp. 304-330), 2007.
- [LMP+08] Lerro, F., Marchisio, S., Plano, M., Protano, M., Von Pamel, O. "A remote lab like a didactic resource in the teaching of the physics of electronic devices". *Proceedings of 11th International Conference on Interactive Computer aided Learning (ICL)*, Kassel University Press, 2008.
- [LSP+14] Lamberti, F., Sanna, A., Paravati, G., Carlevaris, G. "Automatic Grading of 3D Computer Animation Laboratory Assignments". *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(3), (pp. 280-290), 2014.
- [LSS08] Li, L., Steckelberg, A. L., Srinivasan, S. "Utilizing peer interactions to promote learning through a web-based peer assessment system". *Canadian Journal of Learning and Technology/La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*, 34(2), 2008.
- [LZ04] Li, J., Zaïane, O. R. "Combining usage, content, and structure data to improve web site recommendation". *E-Commerce and Web Technologies*, (pp. 305-315). Springer Berlin Heidelberg, 2004.
- [MAB00] Mulvenna, M. D., Anand, S. S., Büchner, A. G. "Personalization on the Net using Web mining: introduction". *Communications of the ACM*, 43(8), (pp. 122-125), 2000.
- [Mag62] Mager, R. F. "Preparing instructional objectives", 1962.

- [Mar09] Marriott, P. "Students' evaluation of the use of online summative assessment on an undergraduate financial accounting module". *British Journal of Educational Technology*, 40(2), (pp. 237-254), 2009.
- [Maw13] Mawhinney, K. "A Review of the Literature on Online (e) Assessment". *Technology-Mediated Learning*, (pp. 9-19), 2013.
- [MBB07] Moura, J. G., Brandão, L. O., & Brandão, A. A. "A web-based learning management system with automatic assessment resources". *IEEE 37th Annual Frontiers In Education Conference-Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports (FIE'07)*. (pp. F2D-1), 2007.
- [MBF+12] Mazza, R., Bettoni, M., Faré, M., Mazzola, L. "MOCLog-Monitoring Online Courses with log data". *Proceedings of the 1st Moodle Research Conference* (pp. 14-15), 2012.
- [ME07] Müller, D., Erbe, H.H. "Collaborative remote laboratories in engineering education: Challenges and visions". *Advances on remote laboratories and e-learning experiences*, Ed. by L. Gomes and J. Garcia Zubia, University of Deusto, Bilbao, (pp. 35-59), 2007.
- [Mer01] Mertler, C. A. "Designing scoring rubrics for your classroom". *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 7(25), (pp. 1-10), 2001.
- [MF03] Müller, D., Ferreira, J. "MARVEL: A Mixed Reality Learning Environment for Vocational Training in Mechatronics". *International Conference on Technology Enhanced Learning (TEL)*, Milano (Italy), 2003.
- [MGR+10] Martínez, F. J., González, R., Rodríguez, F., Guzmán, J. L. "Laboratorio Virtual y Remoto para la Enseñanza de Robotica Paralela". *CEA Jornadas de Enseñanza de la Ingeniería de Sistemas y Automática*, 2010.
- [MHB+05] Millard, D., Howard, Y., Bailey, C., Davis, H., Gilbert, L., Jeyes, S., ... Young, R. "Mapping the e-learning assessment domain: concept maps for orientation and navigation", 2005.
- [MIT+13] Masmitjà, J. A., Irurita, A. A., Trenchs, M. A., Miró, M. B., Marín, A. C., Busquets, M. C., ... Merino, B. V. "Rúbricas para la evaluación de competencias". *Cuadernos de docencia universitaria, Octaedro*, 2013.
- [MN02] Machotka, J., Nedic, Z. "Online Remote Laboratory (NetLab)". *UICEE 5th Annual Conference On Engineering Education*. Chennai (India), 2002.
- [MN06] Ma, J., Nickerson, J.V. "Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review". *ACM Computing Surveys*, Vol. 38, No. 3, Article 7, 2006.
- [MOA+14] Martínez, M., Olmedo, N., Amante, B., Farrerons, O., Cadenato, A. "Analysis of Assessment Tools of Engineering Degrees". *International Journal of Engineering Education*, 30(6), 1, (pp. 689-1696), 2014.

- [Mon00] Montgomery, K. "Classroom rubrics: Systematizing what teachers do naturally". *The clearing house*, 73(6), (pp. 324-328), 2000.
- [Mon02] Montgomery, K. "Authentic tasks and rubrics: Going beyond traditional assessments in college teaching". *College teaching*, 50(1), (pp. 34-40), 2002.
- [Moo15] Moodle. "Moodle XML format". (https://docs.moodle.org/29/en/Moodle_XML_format) (comprobado 22-07-2015), 2015.
- [MRG+14] Menchaca, I., Rayón, A., García-Zubía, J., Bardinete, B., Guenaga, M. "Competence Development and Assessment Using a Game-based Strategy". *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, 10(2), pp-38, 2014.
- [MS99] Medina, M. E. F., Sánchez, J. R. H. "Evaluación docente: hacia una fundamentación de la autoevaluación". *Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado*, 2(1), 32, 1999.
- [MU13] Majchrzak, T. A., Usener, C. A. "Evaluating the synergies of integrating e-assessment and software testing". *Information Systems Development*, (pp. 179-193). Springer New York, 2013.
- [MV07] Matute, H., Vadillo, M.A. "Assesing e-learning in weblabs". *Advances on remote laboratories and e-learning experiences*, Ed. by L. Gomes and J. García Zubia, University of Deusto, Bilbao, (pp. 97-107), 2007.
- [NE12] New Media Consortium, EDUCAUSE Learning Initiative. "NMC Horizon Report: 2012 Higher Education Edition". (<http://www.nmc.org/publications/horizon-report-2012-higher-ed-edition>) (comprobado 22-07-2015), 2012.
- [NE13] New Media Consortium, EDUCAUSE Learning Initiative, "NMC Horizon Report: 2014 Higher Education Edition". (<http://redarchive.nmc.org/publications/2013-horizon-report-higher-ed>) (comprobado 22-07-2015), 2013.
- [NE14] New Media Consortium, EDUCAUSE Learning Initiative, "NMC Horizon Report: 2014 Higher Education Edition". (<http://redarchive.nmc.org/publications/2014-horizon-report-higher-ed>) (comprobado 22-07-2015), 2014.
- [NE15] New Media Consortium, EDUCAUSE Learning Initiative, "NMC Horizon Report: 2015 Higher Education Edition". (<http://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2015-higher-education-edition>) (comprobado 22-07-2015), 2015.
- [Nev83] Nevo, D. "The conceptualization of educational evaluation: An analytical review of the literature". *Review of educational research*, 53(1), (pp. 117-128), 1983.

- [Nip02]. Nippert, C. "Online Experiments—The Results of the Online Widener Laboratories". *32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, Boston Mass., (pp. T2E-12-T2E-17), 2002.
- [NM06] Nicol, D. J., Macfarlane-Dick, D. "Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice". *Studies in higher education*, 31(2), (pp. 199-218), 2006.
- [NZP08] Nilsson, K., Zackrisson, J. and Pettersson, M. "Remote Access of Computer Controlled Experiments". *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, Vol. 4, No. 4, 2008.
- [Ord13] Orduña, P. "Transitive and scalable federation model for remote laboratories". *Doctoral dissertation*, Universidad de Deusto, Bilbao (Spain), 2013.
- [Ozd05] Özden, M. Y. "Students' perceptions of online assessment: A case study". *International Journal of E-Learning & Distance Education*, 19(2), (pp. 77-92), 2005.
- [PA07] Pester, A., Alves, G.R. "WebLabs in Education". *Guest Editorial in the International Journal of Online Engineering (iJOE)*. Vol.3, No. 2, 2007.
- [PB11] Payne, E., Brown, G. "Communication and practice with examination criteria. Does this influence performance in examinations?". *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 36(6), (pp. 619-626), 2011.
- [PDM+10] Pachler, N., Daly, C., Mor, Y., Mellar, H. "Formative e-assessment: Practitioner cases". *Computers & Education*, 54(3), (pp. 715-721), 2010.
- [PE14] Papamitsiou, Z., Economides, A. A. "Temporal Learning Analytics for Adaptive Assessment". *Journal of Learning Analytics*, 1(3), (pp. 165-168), 2014.
- [Peñ14] Peña-Ayala, A. "Educational Data Mining", *Springer*, 2014.
- [PJ94] Prus, J., Johnson, R. "A critical review of student assessment options". *New Directions for Community Colleges*, 1994(88), (pp. 69-83), 1994.
- [PMI+09] Plaza, I., Marcuello, J. J., Igual, R., Arcega, F. "Proposal of a quality model for educational software". *EAEIE Annual Conference*, (pp. 1-6), 2009.
- [PKD+14] Petropoulou, O., Kasimatis, K., Dimopoulos, I., Retalis, S. "LAe-R: A new learning analytics tool in Moodle for assessing students' performance". *Bulletin of the IEEE Technical Committee on Learning Technology*, 16(1), (pp.1-13), 2014.
- [PS12] Prakash, L. S., Saini, D. K. "E-assessment for e-learning". *2012 IEEE International Conference on Engineering Education: Innovative Practices and Future Trends (AICERA)*, (pp. 1-6), 2012.
- [PTE14] Papamitsiou, Z. K., Terzis, V., Economides, A. A. "Temporal learning analytics for computer based testing". *Proceedings of the Fourth International*

- Conference on Learning Analytics And Knowledge*, ACM, (pp. 31-35), 2014.
- [PVR11] Petropoulou, O., Vassilikopoulou, M., Retalis, S. "Enriched assessment rubrics: a new medium for enabling teachers to easily assess student's performance when participating in complex interactive learning scenarios", *Operational Research*, 11(2), (pp. 171-186), 2011.
- [QEE86] QEEP, "The Undergraduate Engineering Laboratory", Final Report of the Quality of Engineering Education Project (QEEP), (pp. 125-145), *American Society for Engineering Education*, Washington, D.C., 1986.
- [RA10] Reddy, Y. M., Andrade, H. "A review of rubric use in higher education". *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 35(4), (pp. 435-448), 2010.
- [REV09] REV 2009, Proceedings of the conference Remote Engineering & Virtual Instrumentation Conference, Bridgeport (USA), 2009.
- [REV10] REV 2010, Proceedings of the conference Remote Engineering & Virtual Instrumentation Conference, Estocolmo (Suecia), 2010.
- [RGN14] Rayón, A., Guenaga, M., Núñez, A. "Supporting competency-assessment through a learning analytics approach using enriched rubrics". *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, ACM, (pp. 291-298), 2014.
- [RGR+99] Rodríguez, J.A., García, E., Rejas, J., Durán, M. A. "Web-based distributed systems for collaborative remote experiments". *Proceedings of International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems*, Trieste (Italy), 1999.
- [RL96] Rosales, C., López, C. R. "Evaluar es reflexionar sobre la enseñanza", (Vol. 55). *Narcea Ediciones*, 1996.
- [RMP04] Ridgway, J., McCusker, S., Pead, D. "Literature review of e-assessment". *Futurelab*, 2004.
- [Rod09] Rodenas, S. "Interfaces de usuario en aplicaciones educativas", *Revista digital de Innovación y Experiencias Educativas*, 2009.
- [RTR+11] Robles-Gómez, A., Tobarra, L., Ros, S., Hernández, R., Caminero, A. C., Pastor, R. "Automatic assessment for the e-learning of the network services in the context of the EHEA". *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, (pp. F4C-1), 2011.
- [RV07] Romero, C., Ventura, S. "Educational data mining: A survey from 1995 to 2005". *Expert systems with applications*, 33(1), (pp. 135-146), 2007.
- [RV10] Romero, C., Ventura, S. "Educational data mining: a review of the state of the art". *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, 40(6), (pp. 601-618), 2010.

- [RVG08] Romero, C., Ventura, S., García, E. "Data mining in course management systems: Moodle case study and tutorial". *Computers & Education*, 51(1), (pp. 368-384), 2008.
- [SAG10] Sousa, N., Alves, G. R., Gericota, M. G. "An integrated reusable remote laboratory to complement electronics teaching". *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 3(3), (pp. 265-271), 2010.
- [San00] Santos Moreno, A. "Evaluación eficaz del aprendizaje Vía Internet: Una perspectiva constructivista". *Congreso Informática*, 2000.
- [San10] Sancristóbal, E. "Metodología, Estructura y Desarrollo de Interfaces Intermedias para la Conexión de Laboratorios Remotos y Virtuales a Plataformas Educativas". *Doctoral dissertation*. UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia), 2010.
- [San14] Sanz, M. P. G. "La evaluación de competencias en Educación Superior mediante rúbricas: un caso práctico". *Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado*, 17(1), (pp. 87-106), 2014.
- [SC12] Shum, S. B., Crick, R. D. "Learning dispositions and transferable competencies: pedagogy, modelling and learning analytics". *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, ACM, (pp. 92-101), 2012.
- [SCC+04] Scanlon, E., Colwell, C., Cooper, M., Di Paolo, T. "Remote experiments, re-versioning and re-thinking science learning". *Proceedings of Annual Conference of the California-Association-Caryngectomees (CAL)*. Vo. 43, Issue. 1-2, (pp. 153-163), 2004.
- [SCD+00] Srivastava, J., Cooley, R., Deshpande, M., Tan, P. N. "Web usage mining: Discovery and applications of usage patterns from web data". *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 1(2), (pp. 12-23), 2000.
- [Scr67] Scriven, M. S. "The methodology of evaluation". *Perspectives of Curriculum Evaluation, and AERA monograph Series on Curriculum Evaluation*, No. 1, Chicago: Rand McNally, 1967.
- [SCU07] Samoila, C., Cosh, S.G., Ursutiu, D. "Competences, Remote Labs and Bologna Process". *Advances on remote laboratories and e-learning experiences*, Ed. by L. Gomes and J. García Zubia, University of Deusto, Bilbao, (pp. 63-96), 2007.
- [SF14] Soeiro, A., Falcao, R. "Finding adequate assessment types as function of learning outcomes: Webtool implementation project TALOE". *IEEE 2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, (pp. 751-756), 2014.
- [Shu08] Shute, V. J. "Focus on formative feedback". *Review of educational research*, 78(1), (pp. 153-189), 2008.

- [Sie11] G. Siemens. "How data and analytics can improve education". *O'Reilly*, 2011.
- [Sie13] Siemens, G. "Learning analytics: The emergence of a discipline". *American Behavioral Scientist*, 2013.
- [SL11] Stevens, D. D., Levi, A. J. "Introduction to rubrics: An assessment tool to save grading time, convey effective feedback, and promote student learning". *Stylus Publishing, LLC*, 2011.
- [SND12] Stanisavljevic, Z., Nikolic, B., Djordjevic, J. "A Module for Automatic Assessment and Verification of Students' Work in Digital Logic Design". *2012 IEEE 19th International Conference and Workshops on Engineering of Computer Based Systems (ECBS)*, (pp. 275-282), 2012.
- [Soy00] Soysal, O. "Computer Integrated Experimentation in Electrical Engineering Education over Distance". *Proceedings of ASEE 2000 Annual Conference*, 2000.
- [Spi00] Spiliopoulou, M. "Web usage mining for web site evaluation". *Communications of the ACM*, 43(8), (pp. 127-134), 2000.
- [SST+01] Shaw, M. J., Subramaniam, C., Tan, G. W., Welge, M. E. "Knowledge management and data mining for marketing". *Decision support systems*, 31(1), (pp. 127-137), 2001.
- [Sti01] Stiggins, R. J. "Student-involved classroom assessment". *Prentice Hall*, 2001.
- [STM+12] Serrano-Laguna, Á., Torrente, J., Moreno-Ger, P., Fernández-Manjón, B. "Tracing a little for big improvements: Application of learning analytics and videogames for student assessment". *Procedia Computer Science*, 15, (pp. 203-209), 2012.
- [THC+13] Tempelaar, D. T., Heck, A., Cuypers, H., van der Kooij, H., & van de Vrie, E. "Formative assessment and learning analytics". *Proceedings of the Third International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, ACM, (pp. 205-209), 2013.
- [Tur12] DeTurrís, D. "Assessment rubric for global competency in engineering education". *Proceedings of the American Society for Engineering Education Pacific Southwest Section*, 2012.
- [Tza09] Tzafestas, S.G. "Web-Based Control and Robotics Education". *Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering*, Vol. 38. Ed. Springer-Verlag, 2009.
- [UD01] Universidad de Deusto, "Marco Pedagógico UD. Orientaciones generales". Bilbao: Universidad de Deusto, 2001.
- [UJK+07] Ubar, R., Jutman, A., Kruus, M., Orasson, E., Devadze, S., Wuttke, H.D. "Learning Digital Test and Diagnostics via Internet". *International Journal of Online Engineering (ijOE)*, Vol.3, No. 1, 2007.

- [VBP12] Van der Schaaf, M., Baartman, L., Prins, F. "Exploring the role of assessment criteria during teachers' collaborative judgement processes of students' portfolios". *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 37(7), (pp. 847-860), 2012.
- [VG10] Vicent, L., Gumara, X. "Data Mining for Instructional Design, Learning and Assessment". *INTECH Open Access Publisher*, 2010.
- [Vic14] Vicent i Safont, L. "La tecnología, detonante de un nuevo panorama universitario". *Reial Acadèmia de Doctors*, 2014.
- [VP07] Villa, A., Poblete, M. "Aprendizaje basado en competencias. Una propuesta para la evaluación de las competencias", *Ediciones mensajero*, Universidad de Deusto, 2007.
- [Wag03] Wagenaar, R. "Tuning educational structures in Europe. Final report. Phase one". *Bilbao, University of Deusto*, 2003.
- [Wan04] Wankat, P.C. "Analysis of the First Ten Years of the Journal of Engineering Education". *Journal of Engineering Education*, Vol. 93, No. 1, (pp. 13-21), 2004.
- [WHH15] Wuttke, H., Hamann, M., Henke, K. "Learning Analytics in Online Remote Labs". *3rd Experiment@ International Conference (exp.at'15)*, (pp.255-260), University of the Azores, Ponta Delgada (Portugal), 2015.
- [WTR08] Walker, D. J., Topping, K., Rodrigues, S. "Student reflections on formative e-assessment: expectations and perceptions". *Learning, Media and Technology*, 33(3), (pp. 221-234), 2008.
- [YB09] Yates, R. W., & Beaudrie, B. "The impact of online assessment on grades in community college distance education mathematics courses". *The American Journal of Distance Education*, 23(2), (pp. 62-70), 2009.
- [Yil10] Yilmaz, H. "The implementation and evaluation of a peer assessment based online course". *Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 4(5), 2010.
- [ZE08] Zhao, K., Evett, M.P. "CyberLab: an online virtual laboratory toolkit for non-programmers". *Proceedings of 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, (pp 316-318), Santander (Spain), 2008.
- [Zim06] Zimmer, L. "Qualitative meta-synthesis: a question of dialoguing with texts". *Journal of advanced nursing*, 53(3), (pp. 311-318), 2006.
- [ZL01] Zaïane, O. R., Luo, J. "Web usage mining for a better web-based learning environment". *Proceedings of conference on advanced technology for education*, (pp. 60-64), 2001.
- [ZS08] Zackrisson, J., Svahnberg, C. "OpenLabs Security laboratory - The online security experiment platform". *Proceedings of Remote Engineering & Virtual Instrumentation Conference (REV)*, Düsseldorf, 2008.