

# Generación automática de trabajos en grupo para asignaturas de Fundamentos de Computadores y Redes

Joaquín Entrialgo<sup>1</sup>, Rubén Usamentiaga<sup>2</sup>, Julio Molleda<sup>3</sup>, María Teresa González<sup>4</sup> y Daniel F. García<sup>5</sup>

*Resumen*— En este artículo se presenta una herramienta para la generación automática de trabajos en grupo para las asignaturas de Fundamentos de Computadores y Redes de la Universidad de Oviedo. Estas asignaturas, que se imparten en los grados de Ingeniería Informática de Gijón y Oviedo, tienen como parte de su metodología el desarrollo de trabajos en grupo. Resulta muy complejo tener trabajos que ayuden a los estudiantes a alcanzar los resultados de aprendizaje y sean, al mismo tiempo, interesantes para ellos, distintos para cada grupo y objetivamente evaluables. Este último punto tiene una especial importancia ya que la asignatura es impartida por un elevado número de docentes, de dos áreas de conocimiento distintas, y es deseable que haya criterios comunes entre todos. La experiencia de cursos anteriores ha mostrado que lograr estos objetivos requiere un gran esfuerzo de preparación y coordinación por parte de todos los profesores implicados. Para tratar de superar estas dificultades, en este proyecto se ha creado una herramienta on-line que, por un lado, genera problemas enfocados a los Fundamentos de Computadores y Redes distintos para cada grupo de estudiantes y, por otro, facilita a los profesores las tareas de preparación y coordinación. La herramienta consiste en una aplicación web que, a partir de unas plantillas que pueden ser actualizadas a principio de cada curso, genera problemas distintos para cada grupo de estudiantes variando algunos elementos indicados en las plantillas. La herramienta ayuda, además, en la corrección, proporcionando respuestas adecuadas a cada problema particular. Esto facilita a los profesores la evaluación y redonda en una mayor homogeneidad de criterios.

*Palabras clave*— Fundamentos de Computadores, Trabajos en grupo, Generador de problemas, Docencia.

## I. INTRODUCCIÓN

PARTE de la metodología de las asignaturas de Fundamentos de Computadores y Redes (FCR) que se imparten en el primer curso de los Grados en Ingeniería Informática de la Universidad de Oviedo consiste en utilizar trabajos en grupo. El enfoque pedagógico general seguido en estas asignaturas es constructivista [1], un enfoque ampliamente utilizado en la actualidad y, en particular, en la docencia de materias

científicas [2]. Siguiendo la memoria de verificación de los correspondientes grados, estas asignaturas incorporan como parte de su metodología el trabajo en grupo, que permite desarrollar competencias de búsqueda, selección, organización y valoración de la información, adaptación y aplicación a situaciones reales, interpersonales y de organización y gestión [3]. A la hora de organizar esta forma de aprendizaje colaborativo, se han de tener en cuenta tres etapas: etapa de diseño del trabajo, etapa de realización del trabajo y etapa de resultados y realimentación [4]. La herramienta desarrollada en este proyecto facilita estas tres etapas.

Las asignaturas de Fundamentos de Computadores y Redes proporcionan unos conocimientos que, como su propio nombre indica, son fundamentales. Esto hace que, en ocasiones, a los estudiantes les resulte complicado ver su aplicación práctica. Típicamente, esta materia se explica diseñando un computador a partir de principios básicos; sin embargo, la mayor parte de los estudiantes no desarrollarán su carrera profesional diseñando ordenadores, sino utilizándolos a través de la programación en lenguajes de alto nivel. Un enfoque propuesto por dos profesores de la Carnegie Mellon University [5] consiste en cambiar la perspectiva y centrar el estudio de los computadores desde el punto de vista del programador. Una de las actividades que proponen siguiendo este enfoque es que los estudiantes utilicen los conocimientos adquiridos en la asignatura para desactivar “bombas binarias”: pequeños programas que piden unas entradas y, si no se introducen las adecuadas, muestran un mensaje diciendo que han estallado. Los estudiantes no disponen del código en alto nivel, sólo del código máquina, por lo que tienen que utilizar los conocimientos de bajo nivel adquiridos en la asignatura para determinar qué entradas evitan que las bombas estallen. Este proceso de ingeniería inversa es además habitual en la práctica profesional de la seguridad informática, dentro del análisis forense, lo que proporciona a los estudiantes una visión práctica y aplicada de los conocimientos.

En el curso 2016-2017 se introdujo un trabajo en grupo de este tipo en las asignaturas de FCR de la Universidad de Oviedo. El trabajo permitió que los estudiantes alcanzasen los resultados de aprendizaje esperados. Sin embargo, supuso un gran esfuerzo para los profesores y presentó algunos problemas de comprensión del enunciado para los estudiantes

<sup>1</sup>Dpto. de Informática, Universidad de Oviedo, e-mail: joaquin@uniovi.es.

<sup>2</sup>Dpto. de Informática, Universidad de Oviedo, e-mail: rusamentiaga@uniovi.es.

<sup>3</sup>Dpto. de Informática, Universidad de Oviedo, e-mail: jmolleda@uniovi.es.

<sup>4</sup>Dpto. de Informática, Universidad de Oviedo, e-mail: maytega@uniovi.es.

<sup>5</sup>Dpto. de Informática, Universidad de Oviedo, e-mail: dfgarcia@uniovi.es.

porque estaba diseñado de manera parametrizada, de tal forma que cada grupo tenía un problema distinto, lo que complicaba la explicación. Por otra parte, los profesores tenían que generar bombas binarias distintas para cada grupo, un proceso tedioso, realizado de forma manual, que consume mucho tiempo y es propenso a errores. Además, la distribución de los ficheros necesarios para cada grupo no estaba organizada y cada profesor utilizó el método que consideró adecuado.

Por esta razón se realizó un Proyecto de Innovación Docente para desarrollar una herramienta que permitiera utilizar aprendizaje mejorado con tecnología (Technology-Enhanced Learning o TEL [6]), de tal manera que se facilitara el proceso tanto para el profesor como para el estudiante, permitiendo además una mejor monitorización del desarrollo del trabajo [7].

## II. METODOLOGÍA

El primer paso seguido fue definir problemas parametrizables para el trabajo en grupo de las asignaturas de FCR. Experiencias de cursos anteriores demostraron que era posible un modelo basado en las bombas binarias propuestas en [5], pero siendo necesario adaptarlas al contexto de las asignaturas FCR y los objetivos propuestos para el trabajo en grupo, que son los siguientes:

- Aplicar los conocimientos de la asignatura en un entorno realista, aunque simplificado. Los estudiantes comprobarán cómo los conocimientos de la asignatura son fundamentales para la seguridad informática.
- Entrar en contacto con una arquitectura real: la arquitectura Intel x86-32. En la parte teórica y de prácticas de laboratorio de la asignatura se utiliza una arquitectura que no está implementada en la realidad y se denomina CT (Computador Teórico) [8]. Al conocer una segunda arquitectura, los estudiantes podrán comprobar cómo conceptos generales se pueden aplicar de distintas maneras en implementaciones concretas.
- Practicar el lenguaje C/C++, necesario para la parte teórica y de prácticas de laboratorio de la asignatura y para asignaturas futuras, además de ser un lenguaje muy usado en la práctica. Asimismo, el estudiante verá cómo mezclarlo con ensamblador.
- Practicar el uso de máscaras y desplazamientos, elementos muy habituales en el software de sistemas, seguridad, tratamiento de imágenes o comunicaciones.
- Desarrollar habilidades de trabajo en grupo y documentación básicas para un Ingeniero en Informática.

A partir de estos objetivos y teniendo en cuenta cómo se introducen los distintos conocimientos fundamentales en la planificación de la asignatura, se decide dividir el trabajo en dos fases, que se detallan

a continuación.

### A. Fase 1. Realización de un programa en C/C++ y análisis de su funcionamiento

Esta fase se plantea a modo de introducción para poder llevar a cabo el análisis de las bombas binarias en la siguiente fase.

Los estudiantes tendrán que realizar un programa en C/C++ con varias funciones cuya especificación será distinta para cada grupo. Tres funciones deben llevar a cabo operaciones con máscaras de bits. Los bits involucrados serán el parámetro que cambiará para cada grupo. Cada función usa un enfoque distinto: la primera utiliza directamente C, la segunda utiliza ensamblador incrustado en C y la tercera llama desde C a un procedimiento definido en un archivo de ensamblador. También habrá que realizar una función que determine si una cadena introducida es igual a otra cadena que será parametrizable para cada grupo.

Los estudiantes deben además llevar a cabo tareas de análisis del programa desarrollado, tales como encontrar entradas válidas e inválidas y explicar cómo se han traducido ciertos elementos de C/C++ a código máquina.

En la Figura 1 se resume el funcionamiento de la fase 1, que comienza creando un curso para cada escuela en la herramienta y creando los usuarios. Estas tareas son desarrolladas por el administrador de la herramienta, que será uno de los profesores. Para facilitar la creación de usuarios, la herramienta permitirá importar listas de alumnos en formato CSV, de tal manera que automáticamente se crearán los usuarios correspondientes a los estudiantes y se asignarán a grupos de Prácticas de Laboratorio (PL). El administrador tendrá que crear manualmente los usuarios para los profesores y asignarlos a los PL correspondientes. A continuación, la herramienta permitirá a los profesores formar los grupos de trabajo (ver Figura 2) y gestionarlos (ver Figura 3). Los estudiantes podrán obtener las instrucciones parametrizadas para cada grupo (ver Figura 4) y descargar los ficheros de proyecto básicos para empezar a programar. Los estudiantes entregarán el proyecto de programación realizado y una memoria. La entrega se hará a través del Campus Virtual para centralizar las entregas de todas las tareas de la asignatura en la misma plataforma. Finalmente, durante la etapa de evaluación, los profesores podrán obtener a través de la herramienta desarrollada entradas válidas e inválidas para probar los programas desarrollados por los estudiantes, así como comprobar si las entradas válidas e inválidas proporcionadas por los estudiantes son correctas (ver Figura 5).

### B. Fase 2. Análisis de bombas binarias

En esta fase se plantea que se dispone de una serie de bombas binarias desarrolladas por distintas organizaciones criminales. Cada grupo puede descargar desde la herramienta una bomba



Fig. 1. Esquema de la fase 1.

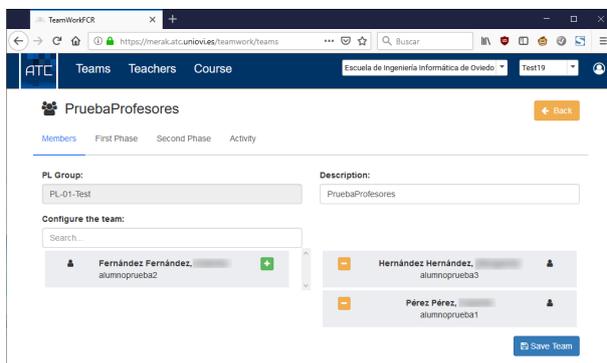


Fig. 2. Pantalla de formación de grupos para el profesor.

binaria y debe encontrar la forma de desactivarla. La bomba binaria consiste en un programa ejecutable en sistemas operativos Windows. Este programa tiene tres etapas. En cada una pide una entrada. Si cumple ciertos criterios, la etapa se desactiva y se pasa a la siguiente; si no, la bomba estalla. Si se consiguen desactivar todas las etapas, la bomba será desactivada.

Las bombas binarias se conectan a un servidor del que reciben mensajes, de manera similar a como el *malware* real se conecta a los servidores de mando y control (*Command and Control*, en inglés, usualmente abreviado C&C). En este caso será un mensaje muy sencillo que incluirá una cadena que permite identificar a la organización criminal que desarrolló la bomba. Los estudiantes deben encontrar este nombre utilizando los conocimientos y las herramientas relacionadas con fundamentos de redes de computadores que se explican en la asignatura.

La Figura 6 resume el esquema de esta Fase 2, que comienza con los estudiantes descargando las bombas binarias generadas automáticamente por la herramienta para cada grupo de trabajo. A

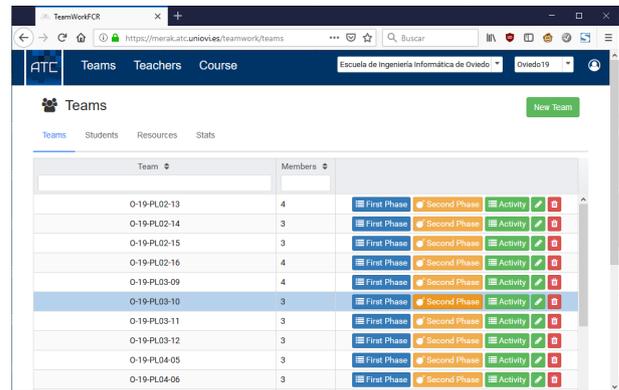


Fig. 3. Lista de grupos. Vista para el profesor.

continuación, los estudiantes realizarán el análisis de las bombas buscando las entradas para desactivarlas. Deben entregar una memoria y una bomba modificada para que no estalle sin requerir ninguna entrada. Esta entrega será nuevamente en el Campus Virtual para centralizar todas las entregas de los alumnos en una plataforma. Finalmente, el profesor evaluará el desempeño de los estudiantes en esta fase analizando los ficheros subidos y los datos para cada grupo que indica la herramienta.

Los parámetros distintos para cada grupo serán las operaciones que se hacen en cada etapa y el nombre de la organización criminal. La herramienta permite obtener de manera automática una bomba distinta para cada grupo (ver Figura 7). El profesor además podrá descargar tanto los ficheros que se distribuyen a cada grupo de alumnos como una versión que incluye el código fuente, lo que le facilitará la evaluación del trabajo.

Cuando una fase es desactivada, se manda un mensaje al servidor de la herramienta. De esta manera tanto los alumnos como los profesores podrán monitorizar cómo avanza esta segunda fase a lo largo del tiempo, como también se muestra en la Figura 7.

Se decidió implementar la herramienta como una aplicación web utilizando la tecnología ASP.NET de Microsoft, ya que los archivos ejecutables generados deberían ser compatibles con Windows y Visual Studio, tecnologías que se utilizan en la asignatura para el desarrollo de programas y su depuración.

### III. RESULTADOS

Para valorar la experiencia, se han utilizado diversos indicadores: encuestas tanto a profesores como a estudiantes, registros de uso de la aplicación y notas obtenidas. A continuación, se describen cada uno de ellos.

#### A. Encuestas

Se llevó a cabo una encuesta a profesores con diversas preguntas sobre la experiencia. Los 11 profesores de la asignatura respondieron a la encuesta. Se llevó a cabo también una encuesta para los estudiantes que fue contestada por 28 estudiantes en Gijón y 43 en Oviedo. Los resultados se resumen en la Figura 8.

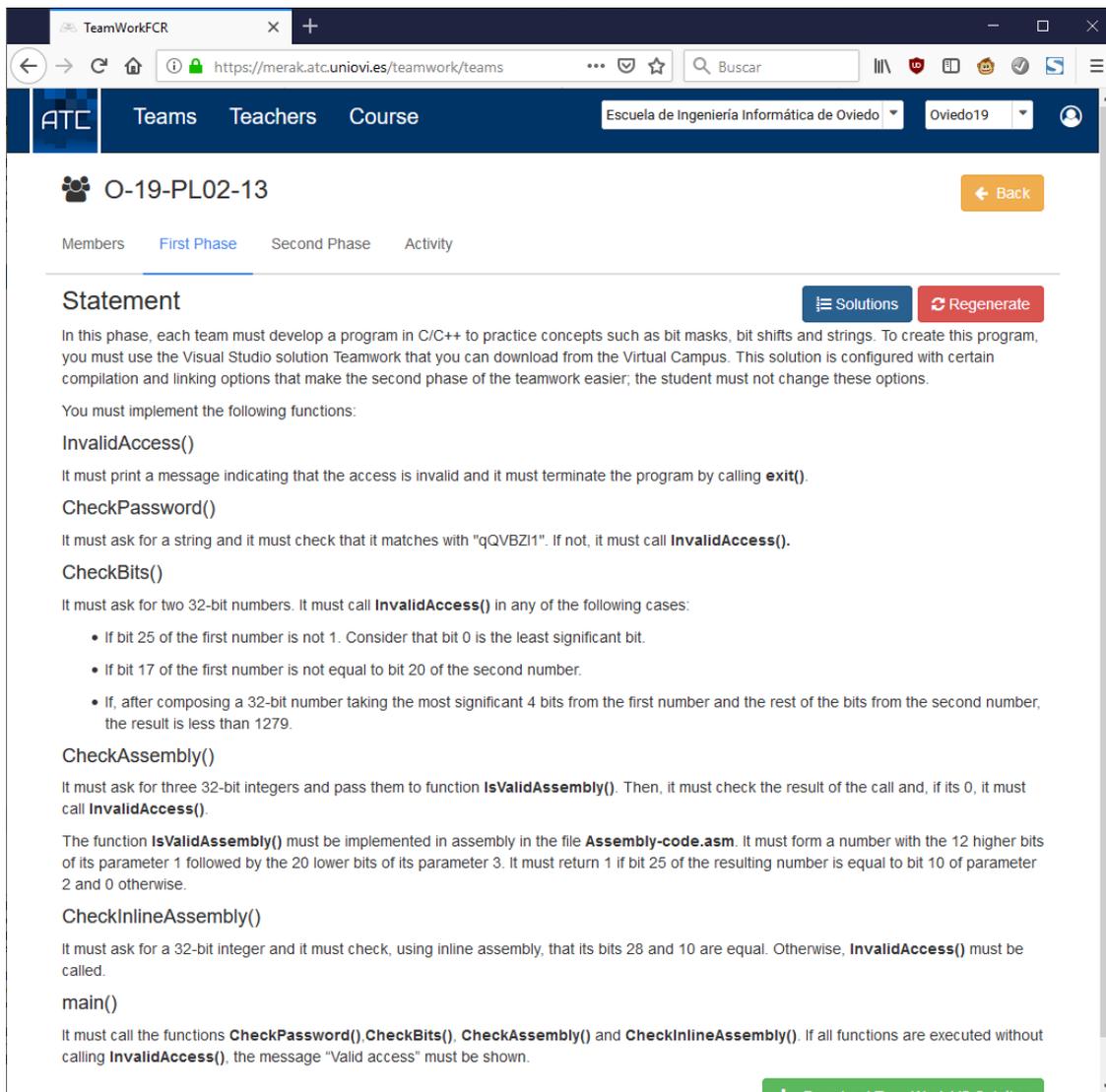


Fig. 4. Instrucciones parametrizadas para la fase 1 de un grupo.

La primera pregunta valoraba la usabilidad de la herramienta desarrollada. Los resultados obtenidos fueron superiores a 8, en una escala de 0 a 10 puntos, tanto para los profesores como los estudiantes.

La segunda pregunta permitía valorar cuánto aportaba la realización del trabajo en grupo al aprendizaje. Tanto profesores como alumnos lo valoraron con un notable. Los 10 profesores que habían impartido la asignatura el curso anterior valoraron la mejora con respecto al año pasado con un 9.8. Entre los estudiantes, 8 de Gijón y otros 8 de Oviedo de los que contestaron la encuesta la habían cursado el año anterior; la media de mejora fue valorada con un 7.6.

También se realizaron dos preguntas para valorar la dificultad de realización de las fases del trabajo. Como se puede observar, tanto profesores como alumnos consideran más compleja la fase 2.

Además de las preguntas comunes a profesores y alumnos reflejadas en la Figura 8, se hicieron dos preguntas sólo a los profesores para valorar la dificultad en gestionar las fases, obteniendo un valor de 3.8 para la fase 1 y 4.7 para la fase 2, lo que indica

un grado de dificultad de gestión bajo.

Por último, se realizaron también preguntas de formato abierto, cuyos resultados se comentan en la sección de Conclusiones.

### B. Registros de uso

Se llevó a cabo un análisis de los registros de uso de la aplicación. En base a este análisis se ha podido determinar que hay una media de 16.76 accesos por usuario. La Figura 9 muestra cómo se distribuyeron estos accesos a lo largo del tiempo, observándose un incremento del uso cuando se acercaban las fechas de entrega en alguna de las dos fases.

### C. Notas de los alumnos en la parte de trabajo en grupo

La Figura 10 muestra las notas obtenidas en el trabajo en grupo y en la asignatura comparando 2017 y 2018. La nota media en el trabajo en grupo pasó de 5.2 a 5.6, lo que se considera aceptable. Se puede observar que es mejor que la nota obtenida de media en la asignatura y que en Gijón no se ha notado un cambio significativo, mientras que en Oviedo hay

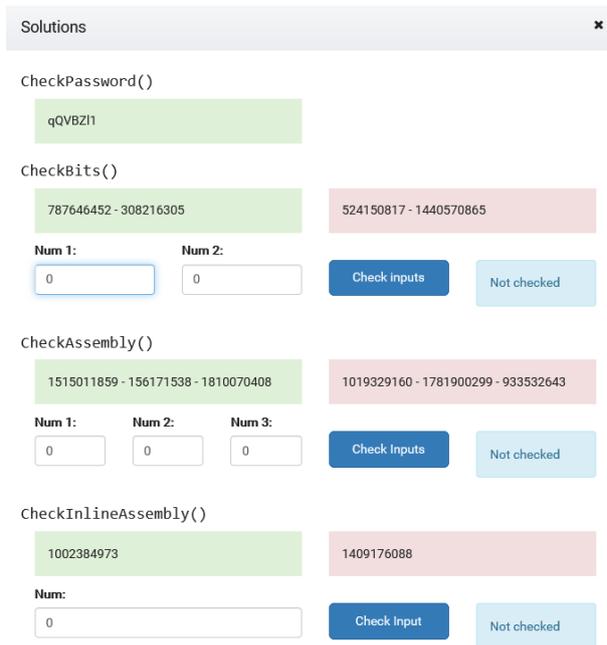


Fig. 5. Soluciones parametrizadas para la fase 1 de un grupo.



Fig. 6. Esquema de la Fase 2.

casi dos puntos de diferencia. Hay que tener en cuenta que en la escuela de Gijón pudieron influir otros factores, como un cambio casi completo en los profesores que la impartieron.

#### IV. CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado una herramienta para generar automáticamente trabajos en grupo en las asignaturas de Fundamentos de Computadores y Redes y su implantación durante el curso 2017-2018.

El trabajo desarrollado se basa en el concepto de bombas binarias presentado en [5]. Se ha extendido este trabajo para integrarlo con los objetivos de las citadas asignaturas. La herramienta desarrollada ha facilitado la coordinación entre el numeroso grupo de profesores que imparte las asignaturas. Además, para los alumnos ha supuesto tener un repositorio centralizado de fácil acceso con la información para el trabajo en grupo.

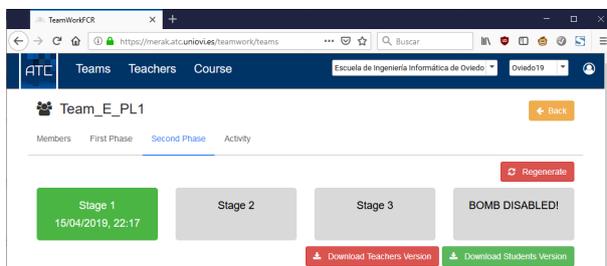


Fig. 7. Pantalla de obtención de bombas y seguimiento para la fase 2.

Los resultados de los indicadores muestran que la experiencia ha sido exitosa: tanto los alumnos como los profesores han valorado con una puntuación muy alta la herramienta desarrollada. Asimismo, los registros de acceso muestran una amplia utilización de la herramienta y las notas obtenidas por los alumnos demuestran que el resultado del trabajo en grupo ha sido positivo.

En las preguntas abiertas de las encuestas, los profesores destacan como puntos fuertes que se ha facilitado la gestión del trabajo en grupo y que éste ha servido para dar una visión más práctica de la asignatura a los alumnos y les ha ayudado a comprender los conceptos que en ella se estudian.

Como puntos débiles, los profesores han encontrado que uno de los problemas generados en la fase 1 era excesivamente similar para todos los grupos. Esto se podría solucionar cambiando las plantillas para esta parte, de forma que el problema generado para cada grupo se diferenciara más. También se señaló que se podrían incrementar las ayudas a la corrección para el profesor, aportando mayor automatización. Esto se podría llevar a cabo, pero habría que tener en cuenta los riesgos de seguridad que implicaría para el servidor donde se ejecuta la herramienta el ejecutar código de los alumnos.

Tanto estudiantes como profesores han encontrado también en ocasiones problemas de organización de los grupos de trabajo, en general relacionados con los estudiantes que abandonan la asignatura y, en consecuencia, su grupo de trabajo. Algunos estudiantes han indicado también que desearían más tiempo para la segunda fase y más ayuda en clase. Estos problemas no son achacables a la herramienta desarrollada.

Durante el curso 2019-2020 se está utilizando esta herramienta, incorporando algunas mejoras a partir de los comentarios del curso anterior. En concreto, se ha modificado el problema de la fase 1 en el que se habían encontrado demasiadas similitudes entre grupos. Por otra parte, se ha añadido una pantalla para mostrar las soluciones de la fase 2 y, de esta forma, facilitar su corrección.

#### AGRADECIMIENTOS

La herramienta ha sido desarrollada por Rubén Urbano Colmenar en su Trabajo Fin de Grado y dentro del Proyecto de Innovación Docente de la Universidad de Oviedo “Generación automática de trabajos en grupo para Ingeniería Informática en el ámbito de Computadores y Redes (PINN-17-A-046)”.

#### REFERENCIAS

- [1] Keith S Taber, “Constructivism as educational theory: Contingency in learning, and optimally guided instruction,” *Educational Theory*, 2012.
- [2] Mustafa Cakir, “Constructivist approaches to learning in science and their implications for science pedagogy: A literature review,” *International journal of environmental and science education*, vol. 3, no. 4, pp. 193-206, 2008.

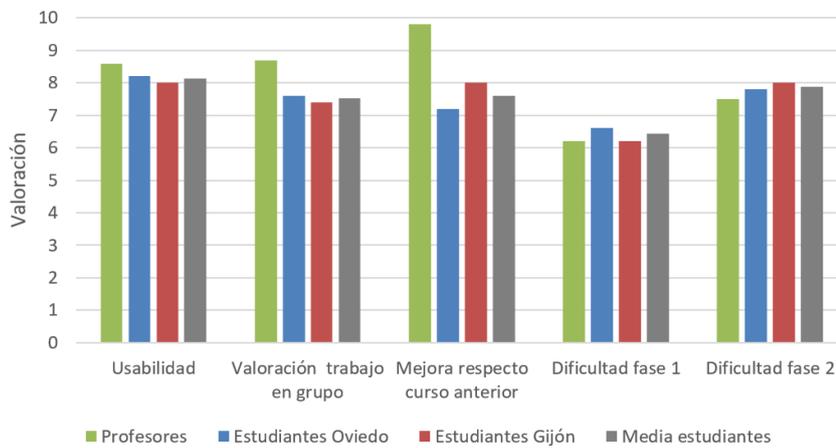


Fig. 8. Resumen encuestas.

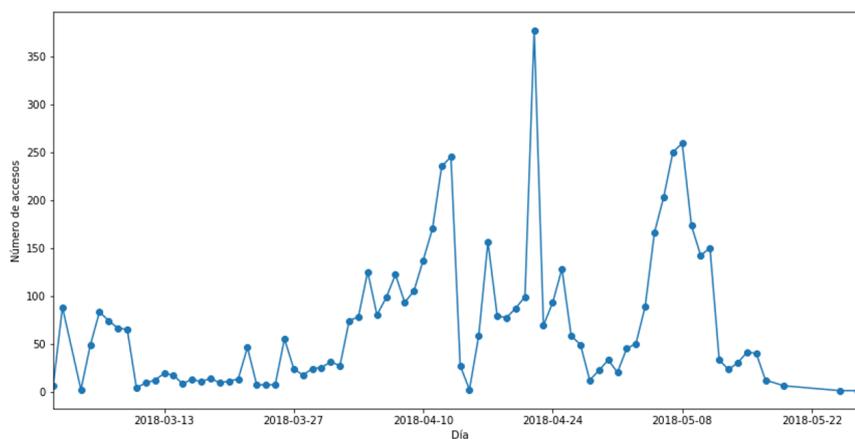


Fig. 9. Número de accesos por día.

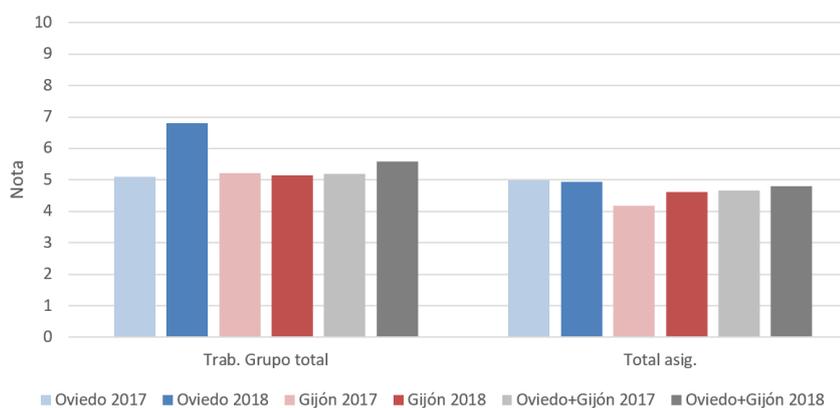


Fig. 10. Notas obtenidas en el trabajo en grupo y en la asignatura.

[3] David Johnson, Roger T. Johnson, and Karl Smith, "Active learning: Cooperation in the college classroom," 01 1998.

[4] Junko Shimazoe and Howard Aldrich, "Group work can be gratifying: Understanding & overcoming resistance to cooperative learning," *College teaching*, vol. 58, no. 2, pp. 52–57, 2010.

[5] Randal E Bryant and David R O'Hallaron, "Introducing computer systems from a programmer's perspective," in *ACM SIGCSE Bulletin*. ACM, 2001, vol. 33, pp. 90–94.

[6] Antoni Badia, "Research trends in technology-enhanced learning," *Infancia y Aprendizaje*, vol. 38, no. 2, pp. 253–278, 2015.

[7] Maria Jesus Rodriguez Triana, Luis Pablo Prieto Santos,

Andrii Vozniuk, Mina Shirvani Boroujeni, Beat Adrian Schwendimann, Adrian Christian Holzer, and Denis Gillet, "Monitoring, awareness and reflection in blended technology enhanced learning: a systematic review," *International Journal of Technology Enhanced Learning*, vol. 9, pp. 126–150, 2017.

[8] J. Entrialgo, J.L. Díaz, A.M. Campos, and D.F. García Martínez, "Simulador educacional de un computador elemental basado en la arquitectura von neumann," in *XIII Jornadas de Paralelismo: Lleida, 9, 10 y 11 de septiembre de 2002: actas*. Universitat de Lleida, 2002, pp. 95–98.