

TEACHING EXPERIENCE OF A NEW EDUCATIONAL TOOL TO SUPPORT UNIVERSITY STUDIES IN PROJECT MANAGEMENT

Palomo-Romero, Juan M.; Salas-Morera, Lorenzo; Arauzo-Azofra, Antonio; García-Hernández, Laura
Universidad de Córdoba

Engineering education is becoming increasingly complex and requires a comprehensive approach to teaching theory, practice and non-technical skills. The curricula include not only knowledge-based training, but also the acquisition of skills to apply knowledge to practical situations and solve problems using initiative, autonomy and creativity. Consequently, the practical classes include activities about planning/control and resource allocation. In this way, the most commonly used software for practical classes is MS-Project. However, the students find that MS-Project is not an easy to use tool, and a high knowledge of the use of the software package is required. In short, it is a tool aimed at the professional level. To resolve this issue, we have developed a new educational software tool called PpcProject. This tool has been tested against MS-Project for the realization of a practical exercise. Finally, the students have been surveyed about on using both tools. Evaluations have shown that PpcProject is more useful for educational purposes than MS-Project, in terms of usability and of students performance.

Keywords: educational innovation; project management; open source software; educational tool

EXPERIENCIA DE APLICACIÓN DE SOFTWARE LIBRE A LA DOCENCIA PRÁCTICA DE GESTIÓN DE PROYECTOS

La formación en ingeniería se está volviendo cada vez más compleja y requiere un enfoque integral de la teoría de la enseñanza, la práctica y las habilidades no técnicas. Los planes de estudios de ingeniería incluyen no sólo la formación basada en el conocimiento, sino también la adquisición de habilidades para aplicar los conocimientos a situaciones prácticas, así como la resolución de problemas utilizando la iniciativa, autonomía y creatividad. Por ello, las clases prácticas incluyen actividades de planificación/control y de asignación de recursos. El software más utilizado es MS-Project. Sin embargo, los estudiantes encuentran que MS-Project no es una herramienta fácil de usar, y que se requiere un alto conocimiento sobre el uso del paquete de software. En definitiva, es una herramienta enfocada al ámbito profesional. Para llenar este vacío, hemos desarrollado una nueva herramienta educativa llamada PpcProject. Esta herramienta ha sido probada frente a MS-Project para la realización de las mismas clases prácticas. Finalmente, se ha encuestado a los estudiantes sobre el uso de ambas herramientas y comparado los resultados académicos. Las evaluaciones han demostrado que PpcProject es más útil para los propósitos educativos que MS-Project tanto en términos de usabilidad y de desempeño de los estudiantes.

Palabras clave: innovación docente; gestión de proyectos; software libre; herramienta educativa

1. Introducción

Un proyecto es un esfuerzo temporal organizado para obtener un producto, servicio o resultado. En este sentido, un proyecto podría ser la construcción de un edificio o una máquina, el desarrollo de un software, o la ejecución de un negocio, así como cualquier otro esfuerzo realizado para obtener un beneficio que podría ser empresarial o social (PMI, 2013). El carácter temporal de los proyectos implica la existencia de un principio y un fin, y el consumo de una cierta cantidad de recursos disponibles para el proyecto. Por lo tanto, la ejecución de proyectos implica una organización encargada de la consecución de los objetivos del proyecto. De esta manera, el término gestión de proyectos se puede definir como el proceso de dirigir la consecución de los objetivos del proyecto (Munns & Bjeirmi, 1996) e incluye componentes tales como la definición de los requisitos, la asignación de los recursos necesarios, la planificación de la ejecución de la obra, el seguimiento de la evolución de los trabajos y el ajuste de desviación del plan.

Es ampliamente aceptado que la gestión de proyectos es un área de conocimiento esencial para cualquier campo de la ingeniería (eléctrica, mecánica, civil o de software, entre otras), por lo tanto, la gestión de proyectos fue tomada en consideración en el diseño de los planes de estudio de ingeniería de grado. De acuerdo con ello, el Consejo de Ingenieros para el Desarrollo Profesional (ABET, 2014) reconoce un programa separado en el campo de la gestión en la ingeniería, cuyos puntos principales de interés son las relaciones entre las tareas de gestión en la ingeniería (planificación, organización, liderazgo y control). Además, las capacidades de gestión se tienen en cuenta en muchos de los programas formativos universitarios de las ingenierías, incluyendo, pero no limitándose, a la ingeniería civil o de software.

Existen diferencias específicas entre la ingeniería de software y las otras ingeniería, denominadas tradicionales, que requieren un tratamiento diferenciado (Duggins, 2007). Por lo tanto, la Asociación de los Sistemas Informáticos (ACM) y el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) han establecido las principales diferencias entre la ingeniería de software e ingeniería tradicionales (ACM/IEEE, 2004), entre las que cabe destacar las siguientes: la base de la ingeniería de software se encuentra principalmente en ciencias de la computación en lugar de las ciencias naturales, el enfoque se encuentra en las matemáticas discretas en lugar de continuas; el campo de actuación es sobre entidades abstractas/lógicas, en lugar de artefactos físicos; la ausencia de una fase de fabricación; y el mantenimiento de software se refiere principalmente al desarrollo o evolución continua y no al desgaste entendido de una manera tradicional.

Los modernos planes de estudios universitarios de ingeniería de software incluyen no sólo la formación basada en el conocimiento, sino también la adquisición de conocimientos prácticos o la capacidad de aplicar los conocimientos a situaciones prácticas, así como la resolución de problemas utilizando la iniciativa, autonomía y creatividad (Merrill & Collofello, 1997; Ministerio de Educación, 2009). Por lo tanto, la formación en la ingeniería, en general, y en la ingeniería de software, en particular, se está convirtiendo en un reto cada vez más complejo que requiere un enfoque integrado de la enseñanza de la teoría, la práctica y no habilidades no técnicas (González-Morales, Moreno de Antonio, & Roda-García, 2011). Por lo tanto, las clases prácticas que incluyen proyectos de planificación, control, y de asignación de recursos, son utilizadas con éxito para analizar situaciones reales en el contexto de la gestión de proyectos (Caulfield, Veal & Maj, 2011).

De acuerdo con lo anterior, la mayor parte de los cursos universitarios sobre gestión de proyectos de software contienen temas sobre el grueso del conocimiento de la gestión de proyectos: planificación, programación y control (Ivanovic et al., 2012). El software más utilizado para estas clases prácticas es Microsoft Project (MS-Project). Por ejemplo, los

cursos sobre “Principios de la gestión de proyectos de software”, de la Universidad de Columbia (Musser, 2002); “Gestión de proyectos de software”, de la Universidad de Texas; y “Gestión de proyectos de sistemas de la información”, de la Universidad de Carolina del Norte (Amoako-Gyampah, 2003), entre otros, utilizan MS-Project en sus programas formativos. Sin embargo, los estudiantes encuentran que MS-Project no es fácil de usar (curva importante de aprendizaje), y que se requiere un alto conocimiento sobre gestión de proyectos y sobre el uso de este tipo de software (Tatnall & Reyes, 2005). Por lo tanto, existe una necesidad presumiblemente insatisfecha en el campo de las herramientas educativas para la enseñanza de gestión de proyectos.

Los enfoques educativos en el área de la gestión de proyectos, considerando las herramientas educativas como apoyo para la formación y potenciación de habilidades prácticas, deben incluir el Método del Camino Crítico (CPM) (Kelley & Walker, 1959), las Técnicas de Revisión y Evaluación de Proyectos (PERT) (Fazar, 1959), el análisis de Monte Carlo (Van Slyke, 1963), y el Problema de Secuenciación de Proyectos con Recursos Limitados (RCPSP) (Brucker et al., 1999).

Por desgracia, y a pesar de las herramientas disponibles, tanto de software libre como privativas, ninguna de ellas es capaz de satisfacer plenamente la totalidad del conjunto de requisitos exigidos por el programa de ingeniería para los temas relacionados con la gestión de proyectos, de una manera sencilla y eficaz con respecto al proceso de aprendizaje del alumnado (Salas-Morera et al., 2013).

En este artículo se presenta PPC-Project, una herramienta gratuita y de código abierto para el apoyo en la formación universitaria de la gestión de proyectos. PPC-Project ha demostrado cumplir con los requisitos expuestos anteriormente, incluyendo: la creación de diagramas Gantt y gráficos PERT; la identificación de las actividades y sus holguras; la identificación de las actividades críticas y el camino crítico; la asignación de recursos; y, la nivelación utilizando recursos tanto renovables como no renovables. Además, esta herramienta ha sido probada, por diferentes estudiantes de ingeniería, frente a MS-Project para la realización de un mismo ejercicio práctico, con la consiguiente encuesta a los estudiantes sobre el uso de ambas herramientas.

2. PPC-Project

PPC-Project es una herramienta software multiplataforma para la educación y la investigación en la gestión de proyectos, licenciada como software libre bajo Licencia Pública General (GNU) v3. Esta herramienta puede ser descargada desde el siguiente enlace: <https://github.com/arauzo/ppcproject>.

El objetivo principal de PPC-Project es facilitar una herramienta de software educativo, que pueda ser utilizada para la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos de gestión de proyectos, a disposición de profesores y estudiantes, que cumple con los siguientes requisitos:

1. Facilidad de uso.
2. Integración en la estrategia de la enseñanza de la gestión de proyectos.
3. Capacidad para cumplir los mismos requisitos que otras distribuciones de software comercial y libre, al mismo tiempo de ser adaptable al uso para los estudiantes.

PPC-Project, al contrario que otras alternativas comerciales, está inspirado en la teoría de la gestión de proyectos impartida en las universidades, con el objetivo de cumplir con los requisitos básicos de la formulación y resolución de problemas en la programación de proyectos, y proporcionar soluciones a través de una interfaz gráfica que es fácil de usar e interpretar.

2.1. Módulo CPM

El CPM (Shaffer, Ritter y Meyer, 1965) es una técnica de modelado del proyecto, desarrollada en la década de 1950, con el objetivo de simplificar la gestión del mantenimiento de las instalaciones industriales. El CPM se utiliza en una amplia gama de tipos de proyectos, incluyendo la construcción, desarrollo de software, proyectos de investigación y de mantenimiento. Para aplicar con éxito el método, se requiere del conocimiento de la estructura del desglose del trabajo (EDT) (PMI, 2013), la duración de cada actividad y las relaciones de precedencia entre ellas. Estos datos pueden introducirse por completo por el usuario a través de la interfaz, o, como alternativa, se pueden importar desde un archivo PSPLIB estándar (Kolisch & Sprecher, 1996).

Figura 1: Pantalla principal PPC-Project: actividades y diagrama de Gantt

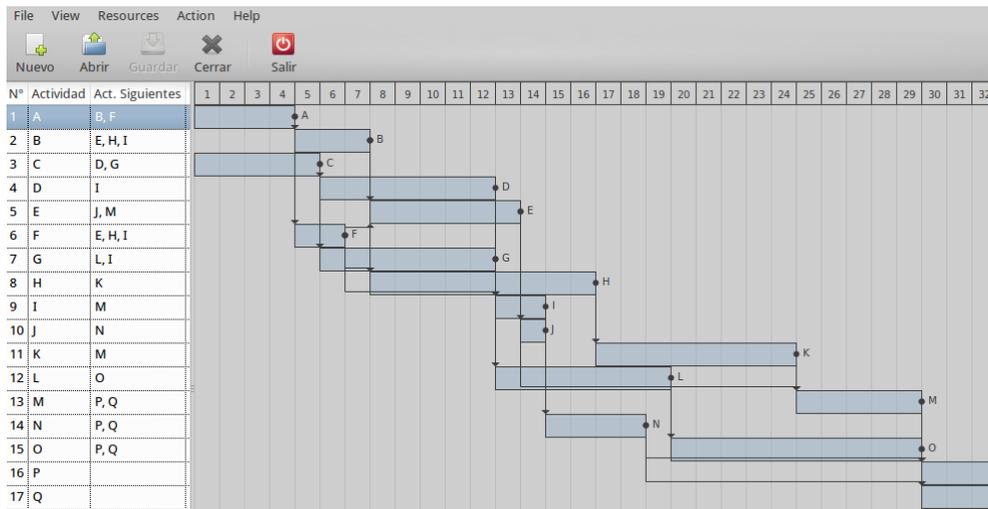
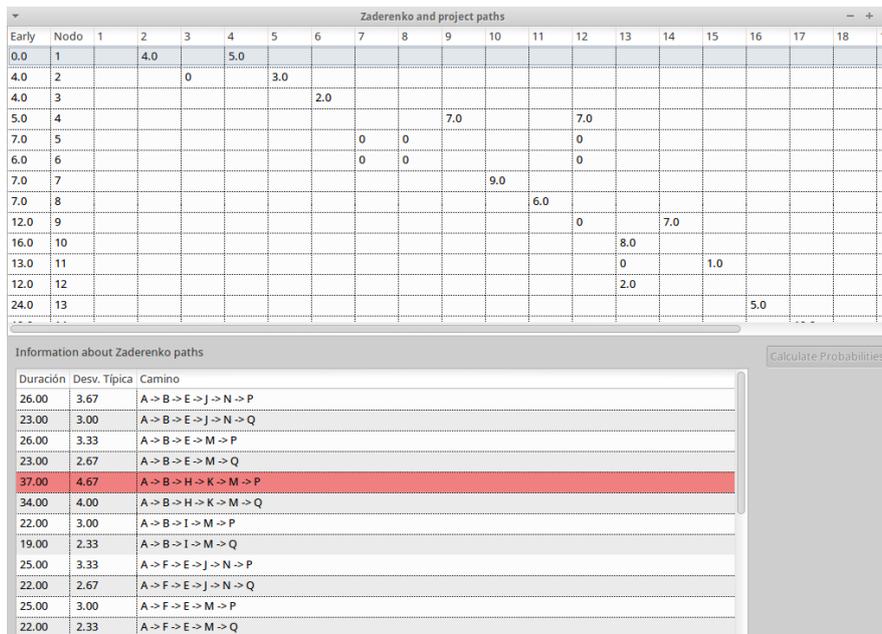


Figura 2: Cálculos de los caminos por el algoritmo de Zaderenko



La figura 1 presenta la pantalla principal de la herramienta. Se muestra un ejemplo de la interfaz de introducción de actividades, así como el diagrama de Gantt con la planificación temporal del proyecto. El tiempo de finalización del proyecto, caminos y caminos críticos se

calculan mediante el algoritmo de Zaderenko (1968). En la figura 2 se muestran los cálculos de PPC-Project, aplicando dicho algoritmo, para el ejemplo anterior.

Por otra parte, las relaciones de precedencia entre las actividades pueden representarse por medio de grafos AON (actividad en el nodo) y AOA (actividad en el arco), Roy y PERT, respectivamente. En la figura 3 se muestran los grafos generados por PPC-Project para el mismo ejemplo de proyecto.

Este módulo está pensado para ayudar a los estudiantes a profundizar su comprensión de los conceptos de la descomposición de las tareas del proyecto, analizar las relaciones de precedencia entre las tareas y aprender cómo identificar las tareas que no admitan demora para alcanzar la fecha prevista de finalización del proyecto, así como para interpretar correctamente el diagrama de planificación del proyecto.

Figura 3: Grafo AON (Roy)

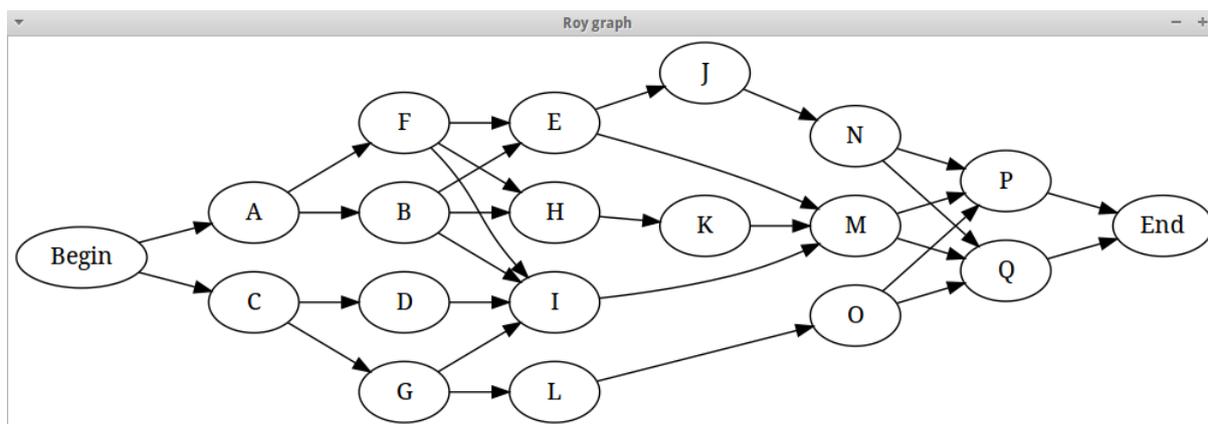
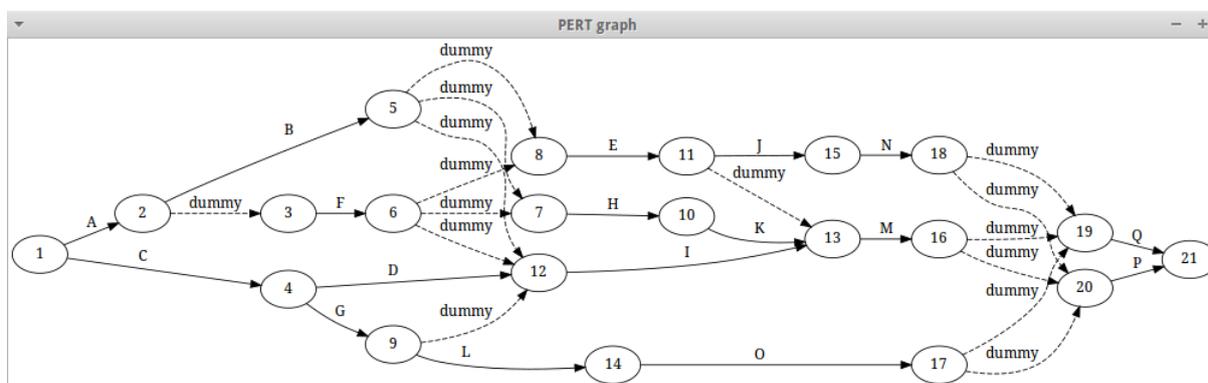


Figura 4: Grafo AOA (PERT)



2.2. Módulo PERT

PERT es un método para analizar el tiempo de finalización de un proyecto, y está diseñado específicamente para aquellos casos en los que las duraciones de las actividades son inciertas. Este programa fue desarrollado para la Oficina de Proyectos Especiales de la Marina de Estados Unidos, en 1957, prácticamente al mismo tiempo que el método CPM, pero con la diferencia de que el método PERT permite no sólo el cálculo del tiempo total de finalización del proyecto, sino también de la probabilidad de terminar el proyecto en una fecha determinada. El método asume la distribución beta para las duraciones de las actividades, pero otras funciones de distribución, como triangular o uniforme, pueden ser utilizadas también.

El módulo PERT permite simulaciones estadísticas de las duraciones de las actividades, y obtiene la fecha de finalización del proyecto prevista en comparación con las duraciones teóricas predichas por PERT.

Mediante el uso de este módulo, los alumnos son capaces de calcular la fecha de finalización del proyecto en un contexto probabilístico, y analizar los caminos y las actividades críticas durante la ejecución del proyecto.

2.3. Módulo de asignación de recursos

La asignación de recursos (humanos, equipos o materiales) es fundamental para la gestión de proyectos. La realización de una asignación eficiente de los recursos va encaminada a optimizar el tiempo y los costes, así como ayuda a garantizar el cumplimiento de los plazos prometidos al cliente.

A través de este módulo, el usuario es capaz de añadir o editar los recursos, y asignar el número de unidades disponibles para todo el proyecto o para cada una de las unidades de tiempo, así como introducir el número de unidades de cada recurso requeridos para la ejecución de las actividades.

Mediante el uso de este módulo, los estudiantes deben ser capaces de entender la influencia de las limitaciones de recursos en la programación de proyectos, y proponer programaciones alternativas para mejorar el uso de los recursos.

3. Uso en la docencia: PPC-Project versus Microsoft Project

La asignatura "Proyectos" aborda los temas de la gestión de proyectos de software, en particular: las de evaluación y planificación, EDT, programación de tareas, estimación del esfuerzo y asignación de recursos, entre otros. La estrategia global de enseñanza utilizada en esta asignatura incluye una combinación de clases magistrales, pruebas en línea, clases prácticas y tutorías grupales (Salas-Morera et al., 2012). Tradicionalmente, las clases prácticas consisten en una serie de problemas de gestión de proyectos de software, con dificultad creciente que deben ser resueltos mediante MS-Project.

Las clases prácticas consideradas para este trabajo, se organizan en sesiones de dos horas en aulas de informática con dos grupos diferenciados de hasta 27 alumnos. El profesor presenta el problema a resolver por los alumnos, y en el resto de la sesión, los estudiantes trabajan en el problema de forma individual con la ayuda del profesor. Por último, los estudiantes deben entregar un informe con las soluciones obtenidas. El contenido de las clases prácticas se compone de dos tipos de problemas de gestión de proyectos:

1. Introducir duraciones de las actividades y definir las precedentes; la asignación de recursos; la identificación de la ruta crítica y actividades flotadores; y la obtención de la programación del proyecto.
2. Todos los pasos anteriores, además de una correcta planificación inicial en función del grado de avance de la ejecución del proyecto y la reasignación de recursos.

En la primera sesión de prácticas, cada uno de los dos grupos de estudiantes resuelve el mismo problema práctico, pero uno de ellos utilizando la propuesta PPC-Project, mientras que los otros utilizan MS-Project. En la segunda sesión, el grupo que había utilizado anteriormente PPC-Project, utiliza MS-Project, y viceversa.

Mediante el uso de esta estrategia, todos los estudiantes resuelven los problemas usando ambas herramientas, completando, posteriormente, una encuesta anónima en la que se solicita una evaluación comparativa del uso de PPC-Project frente a MS-Project.

3.1. Criterios de comparación

Los criterios utilizados para que los alumnos evaluaran ambas herramientas están seleccionados a partir de las acciones más utilizadas durante la planificación, control y gestión de un proyecto.

En primer lugar, existe un bloque de requisitos dedicado a las actividades, en las que se evalúa la facilidad de introducción de nuevas actividades, sus duraciones y prelaciónes.

Por otro lado, se evalúa los criterios correspondientes a la asignación de recursos a las actividades. En este caso, el alumno deberá tener en cuenta la creación de recursos, los tipos, así como la asignación a las actividades.

Con respecto a los caminos, se evaluará la identificación tanto de caminos como de caminos críticos, así como las diferentes representaciones gráficas de los mismos. Los alumnos tendrán en cuenta la utilidad de la información aporta por cada software al respecto, así como la facilidad de identificación de las rutas o caminos.

Otro bloque importante que se evalúa corresponde con las fechas de finalización del proyecto, hitos, así como los diferentes tiempos de las actividades, incluyendo las holguras.

El último bloque de criterios corresponde con tres preguntas sobre el uso general de cada software, en el que se incluye la simplicidad de uso, la dificultad para la resolución de un mismo problema en ambas herramientas, así como la comprensión de los conceptos de gestión de proyectos a partir del uso de cada software.

3.2. Resultados

En la evaluación comparativa de los alumnos, la calificación media de PPC-Project fue superior a la obtenida por MS-Project para todos los conceptos evaluados, excepto para la asignación de recursos de las actividades. Para determinar existen diferencias entre los rangos de puntuaciones en las respuestas a cada pregunta de las dos herramientas, hemos llevado a cabo la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon. Previamente, se llevó a cabo la prueba de Kolmogórov-Smirnov a un nivel de significación $\alpha = 0,05$ para evaluar si estas respuestas seguían una distribución normal.

Sólo 1 de los 24 conjuntos de respuestas (12 preguntas para cada herramienta) obtiene un valor de p superior que el nivel de significación (ver tabla 1). Por lo tanto, no se puede asumir que exista una distribución normal. Por ello, se aplicó la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para todos los pares de respuestas sobre las 12 preguntas (ver tabla 2).

Tabla 1: Resultados del test Kolmogórov-Sminorv

| | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 010 | 011 | 012 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PPC-Project | .00 0 | .00 1 | .00 1 | .01 4 | .01 0 | .01 5 | .00 8 | .04 9 | .05 4 | .00 0 | .00 0 | .00 0 |
| MS-Project | .00 6 | .03 5 | .04 6 | .00 8 | .01 7 | .03 1 | .02 6 | .02 8 | .00 7 | .01 1 | .03 5 | .00 2 |

Como se muestra en la tabla 2, la opinión de los estudiantes otorga una clasificación mejor para MS-Project que para PPC-Project sólo en el caso de "Asignación de recursos de las actividades", aunque la diferencia no fue significativa.

Tabla 2: Evaluación de la eficiencia de PPC-Project en comparación con MS-Project. Resultados de la prueba de Wilcoxon

| | PPC-Project | | MS-Project | | Z est. | Valor de p | |
|----|---|------|------------|------|--------|------------|-------|
| | Media | D.E. | Media | D.E. | | | |
| 1 | Introducción de actividades | 4.42 | 0.72 | 4.24 | 0.71 | -1.597 | 0.110 |
| 2 | Introducción de duraciones de actividades | 4.31 | 0.73 | 4.04 | 0.77 | -2.087 | 0.037 |
| 3 | Introducción de precedentes | 4.24 | 0.83 | 3.27 | 1.29 | -3.582 | 0.000 |
| 4 | Asignación de recursos a actividades | 3.71 | 0.84 | 3.87 | 0.92 | -0.905 | 0.366 |
| 5 | Identificación del camino crítico | 4.09 | 1.00 | 3.51 | 1.08 | -2.268 | 0.023 |
| 6 | Identificación de caminos | 4.16 | 0.80 | 3.49 | 1.08 | -2.949 | 0.003 |
| 7 | Obtención de tiempos <i>early</i> y <i>last</i> | 3.91 | 0.95 | 2.98 | 1.01 | -4.086 | 0.000 |
| 8 | Obtención de holguras de las actividades | 3.69 | 0.97 | 3.04 | 1.13 | -2.441 | 0.015 |
| 9 | Obtención de fechas de consecución de hitos | 3.47 | 1.24 | 3.44 | 0.97 | -0.243 | 0.808 |
| 10 | En general, el uso de la aplicación es simple | 4.42 | 0.84 | 3.58 | 1.23 | -3.808 | 0.000 |
| 11 | La resolución de los problemas en las clases prácticas ha sido sencilla | 4.58 | 0.66 | 3.62 | 1.25 | -3.235 | 0.001 |
| 12 | La comprensión de los conceptos de gestión de proyectos ha sido fácil | 4.60 | 0.58 | 4.24 | 0.86 | -2.859 | 0.004 |

Por el contrario, para el resto de los aspectos evaluados, PPC-Project obtuvo mejor calificación que MS-Project. En este caso, las diferencias que se encuentran en "Introducción de actividades" y " Obtención de fechas de consecución de hitos" no fueron significativas.

Cabe destacar las evaluaciones asignadas por los estudiantes para los tres últimos conceptos (10, 11 y 12), cuyo objetivo es recoger la opinión general de los estudiantes respecto a la utilidad de cada una de las herramientas en la aplicación de los conceptos de gestión de proyectos y el dominio de los temas definidos en el plan de estudios. En este sentido, PPC-Project ha demostrado ser notablemente más eficaz que MS-Project, con diferencias significativas en todos los casos.

Por otro lado, en la tabla 3 se muestran la media y la desviación estándar (D. E.) de las calificaciones obtenidas por los estudiantes (de ambos grupos) en la resolución de los dos ejercicios prácticos planteados. Estas calificaciones han sido comparadas con el fin de determinar si las diferencias encontradas fueron significativas o no (ver tabla 3).

Tabla 3: Puntuaciones otorgadas por los estudiantes. PPC-Project versus MS-Project.

| Herramienta | Práctica | Media | D.E. | Valor de <i>p</i> |
|-------------|----------|-------|------|-------------------|
| MS-Project | 1 | 7.69 | 1.29 | 0.013 |
| PPC-Project | 1 | 8.54 | 1.12 | |
| MS-Project | 2 | 7.48 | 1.12 | 0.025 |
| PPC-Project | 2 | 8.17 | 1.07 | |

Las calificaciones obtenidas por los estudiantes con el uso de PPC-Project fueron superiores a las calificaciones obtenidas utilizando MS-Project, tanto en la práctica inicial de problemas

básicos (práctica 1), como en los problemas más avanzados (práctica 2). En concreto, la diferencia observada en la primera prueba práctica (mediante calificaciones en una escala de 0 a 10 puntos) fue de 0,85 puntos a favor de PPC-Project, mientras que en la segunda prueba práctica fue de 0,69 puntos, siempre a favor de PPC-Project. Todas las diferencias observadas fueron significativas en la prueba *t* de *Student*. Este hecho corrobora la hipótesis de que PPC-Project es más útil para que los estudiantes aprendan los conceptos de planificación y programación de proyectos.

4. Conclusiones

Este artículo presenta una nueva herramienta gratuita y de código abierto para el apoyo en la formación universitaria en la gestión de proyectos, denominada PPC-Project, la cual ha sido desarrollada en el Área de Proyectos de Ingeniería de la Universidad de Córdoba.

Para demostrar la idoneidad de esta herramienta para el apoyo de la formación universitaria en gestión de proyectos, se ha llevado a cabo una comparación entre la herramienta propuesta (PPC-Project) y la herramienta comercial MS-Project. Esta comparativa se ha llevado a cabo con dos grupos de 27 estudiantes en el programa del grado de Ingeniería Informática, con resultados significativos a favor de PPC-Project.

Específicamente, en la opinión de los estudiantes, los cuales utilizaron ambas herramientas en la resolución de dos prácticas (básica y avanzada), la resolución de dichas prácticas mediante el uso de la herramienta PPC-Project fue significativamente más fácil que con MS-Project. Del mismo modo, se evaluaron favorablemente los aspectos generales de usabilidad de PPC-Project en comparación con MS-Project. Por el contrario, la asignación de recursos de las actividades fue peor calificada para PPC-Project, aunque la diferencia no fue significativa.

Cabe resaltar que las calificaciones obtenidas en los ejercicios prácticos por los estudiantes que utilizaron PPC-Project fueron significativamente mejores que las calificaciones obtenidas por los estudiantes que utilizaron MS-Project.

Desde un punto de vista funcional, PPC-Project ha sido desarrollado a partir de los fundamentos teóricos que componen los programas formativos universitarios de las ingenierías. De esta manera, PPC-Project pretende, quedando demostrado mediante las evaluaciones a los propios alumnos, que la adquisición de conocimientos mediante el uso práctico de esta nueva herramienta se produce de una manera más natural y fluida que con otras herramientas comerciales. Además, desde el punto de vista económico, al ser una herramienta gratuita, tanto los alumnos como los centros educativos pueden hacer uso de ella sin necesidad de incurrir en ningún tipo de gasto. Por último, el código fuente de este software es libre, lo que permite que cualquiera pueda modificarlo y añadir mejoras a la herramienta, fomentando la creación de una comunidad usuarios, que podrían aportar sus conocimientos, fruto de experiencias profesionales, académicas y/o investigadoras, en pro de la mejora del software.

5. Bibliografía

ABET. (2014). Criteria for accrediting engineering programs. ABET Inc., USA. Obtenido de <http://www.abet.org/wp-content/uploads/2015/05/E001-15-16-EAC-Criteria-03-10-15.pdf>

ACM/IEEE. Software Engineering. (2004). Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering. A Volume of the Computing Curricula Series, *The Joint Task Force on Computing Curricula IEEE Computer Society-Association for Computing Machinery*. Obtenido de <http://sites.computer.org/ccse/SE2004Volume.pdf>

- Amoako-Gyampah, K. (2003). Information Systems Project Management. University of North Carolina. Obtenido de http://www.uncg.edu/bae/people/amoako/ISM654/ism654_syllabus.pdf
- Brucker, P., Drex, A., Möhring, R., Pesch, E., & Neumann, K. (1999). Resource-constrained project scheduling: Notation, classification, models, and methods. *European Journal of Operational Research*, 112, 3-41.
- Caulfield, C., Veal, D., & Maj, S. P. (2011). Teaching Software Engineering Project Management – A Novel Approach for Software Engineering Programs. *Modern Applied Science*, 5 (5), 87-104.
- Duggins, S. (2007). Is software engineering inherently different than other engineering disciplines? A critical analysis of ABET software engineering curriculum guidelines. *ASEE Annual Conference and Exposition*.
- Fazar W. (1959). Program evaluation and review technique. *American Statistician*, 13 (2), 646–649
- González-Morales, D., Moreno de Antonio, L. M., & Roda García, J. L. (2011). Teaching “Soft” Skills in Software Engineering. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) – Learning Environments and Ecosystems in Engineering Education*, 630-637.
- Ivanovic, M., Putnik, Z., Budimac, Z., & Bothe, K. (2012). Teaching “Software Project Management”. Seven Years Experience. *Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, IEEE, 1-7.
- Kelley, J.E., & Walker, M.R. (1959). Critical-Path Planning and Scheduling. *Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference*, 160- 173.
- Kolisch, R., & Sprecher, A. (1996). PSPLIB - A project scheduling library. *European Journal of Operational Research*, 96, 205-216.
- Merrill; D. & Collofello, J.S. (1997). Improving Software Project Management Skills Using a Software Project Simulator. *ASEE Frontiers in Education Conference*, 1361-1366.
- Ministerio de Educación. (2009). Resolución de 8 de junio de 2009, de la Secretaría General de Universidades, por la que se da publicidad al Acuerdo del Consejo de Universidades, por el que se establecen recomendaciones para la propuesta por las universidades de memorias de solicitud de títulos oficiales en los ámbitos de la Ingeniería Informática, Ingeniería Técnica Informática e Ingeniería Química, BOE nº 187, de 4 de agosto de 2009, 66699-66710.
- Munns, A. K., & Bjeirmi, B. F. (1996). The role of project management in achieving project success. *International Journal of Project Management*, 14 (2), 81-87.
- Musser, J. (2002). Q7503, Principles of Project Management. Course Syllabus. Columbia University. Obtenido de <http://www.projectreference.com/SyllabusQ7503.doc>
- Project Management Institute. (2013). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide) (5th Edition). USA: Project Management Institute.
- Salas-Morera, L., Arauzo-Azofra, A., García-Hernández, L., Palomo-Romero, J.M., Hervás-Martínez, C. (2013). PpcProject: An educational tool for software project management. *Computers & Education*, 69, 181-188
- Salas-Morera, L., Cubero-Atienza, A.J., Redel-Macías, M.D., Arauzo-Azofra, A., García-Hernández, L. (2012). Effective Use of E-Learning for Improving Students’ Skills. *Higher Education Institutions and Learning Management Systems: Adoption and Standardization*, 292-314. Information Science Reference.
- Shaffer, L.R., Ritter, J.B., & Meyer, W.L. (1965). The critical-path method. McGraw-Hill, New York.

Tatnall, A., & Reyes, G. (2005). Teaching IT Project Management to Postgraduate Business Students: A Practical Approach. *Journal of Information Technology Education*, 4, 153-166.

Van Slyke, R. (1963). Uses of Montecarlo in PERT. Memorandum RM-3367, United States Air Force Project RAND.

Zaderenko, S.G. (1968). Sistemas de Programación por camino crítico: PERT-CPM-MAN SCHEDULING-RAMPS y otros métodos de elaboración y control de programas. Buenos Aires: Librería Mitre, 197 pp.