

## Trabajos finales de carreras informáticas en el marco de proyectos de investigación

Carlos Fontela<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Métodos de Desarrollo y Mantenimiento de Software (LIMET),  
Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires, Argentina  
y Universidad Nacional de Tres de Febrero, Argentina  
cfontela@fi.uba.ar

**Resumen.** Los trabajos finales de carrera son un problema recurrente de los alumnos de carreras informáticas en la Argentina, que a menudo provocan atraso y deserción. Este artículo aporta una vía de solución que consiste en prestar mayor atención al abordaje de las tesis en el marco de trabajos de investigación que se realizan en las universidades y explica algunas experiencias personales, además de mostrar su compatibilidad con el marco regulatorio. También se mencionan algunas nuevas experiencias que se está comenzando a realizar para comprobar la idea en mayor profundidad.

**Palabras clave:** trabajos finales de carrera, informática, sistemas, proyectos de investigación, supervisores.

### 1 Introducción

En esta primera sección, presento algunas de las dificultades habituales de los alumnos ante los trabajos finales de carrera (TFC) y se analizan algunas de las ideas que se han propuesto para atenuarlas. En la sección siguiente propongo prestar atención a la posibilidad de realizar TFC en el marco de proyectos de investigación y el soporte institucional que lo facilita. La sección 3 relata algunas experiencias personales en este sentido. La cuarta sección plantea algunos reparos que podría suscitar la propuesta y las respondo. Finalmente, la sección 5 contiene las conclusiones del trabajo.

#### 1.1 Los alumnos ante los trabajos finales de carreras informáticas

En 2009, el Ministerio de Educación de la República Argentina publicó la Resolución 786/2009 que establece los estándares para la acreditación de los programas de educación superior de grado ligados a la Informática, Sistemas, Computación y carreras afines [1]. En dicha resolución se establece, para cada una de las carreras involu-

cradas, que todas ellas deben incluir una tesina de grado (además de las 200 horas de prácticas profesionales supervisadas). El objetivo de la tesina apunta a completar la formación académica y profesional, como a integrar los conocimientos resolviendo problemas de índole profesional o científica [2]. El alcance y los objetivos de esta tesina difieren bastante entre las distintas universidades.

Por otro lado, un panel denominado “Mesa Redonda: Desafíos que plantean los trabajos finales de carreras”, realizado en ocasión de EST 2016 y que tuve la oportunidad de coordinar, llegó a algunas conclusiones que resulta interesante analizar [3]:

- El trabajo final de carrera se convierte en un escollo para recibirse, y en algunos casos provoca que hasta un 10% de los alumnos abandone su carrera en esta instancia o retrase su obtención del grado durante muchos años.
- Uno de los obstáculos que se observan es que el alumno debe ponerse en un rol distinto en el TFC de aquél que venía desempeñando durante la cursada: de ser guiado por el cuerpo docente que provee la universidad, que le dice cómo, cuándo y cuánto estudiar, se encuentra de un día para el otro en que tiene que plantear un proyecto, encontrar un supervisor que desee guiarlo y trabajar sin el marco que generan los calendarios de las asignaturas tradicionales.
- Muchos alumnos llegan a la instancia de tener que desarrollar su TFC cuando ya están insertos en el mercado laboral, lo cual les quita tiempo para aquél, a la vez que les hace valorar menos el propio título universitario.
- En las universidades del interior del país, muchos alumnos proceden de ciudades distintas de aquélla en la cual han realizado su carrera. Por ello, una vez terminada de cursar la misma, vuelven a sus ciudades de origen o se radican en otras, lo cual debilita el vínculo con la universidad y obstaculiza la ejecución del TFC.
- La reglamentación – en algunas universidades – que establece que el TFC debe ser individual atenta contra su ejecución por parte de alumnos habituados a estudiar en grupo, además de ser un planteo artificial en carreras en las que en el ámbito profesional se alienta el trabajo en equipo.

En mi experiencia personal, he visto alumnos que, llegados a este punto de la carrera, demoran hasta seis años en presentar su trabajo final. También hay alumnos que comienzan un trabajo y fracasan años después, llegando al punto de plantear un nuevo proyecto, que luego realizan con éxito, pero demorando en total hasta cinco años en la obtención del título.

Otra cuestión que se observa es que muchos alumnos se acercan a posibles supervisores de trabajos finales sin ninguna idea en mente, lo cual, como lo expresa Luna, hace que deban “tomar una decisión con un mayor o menor grado de incertidumbre” [4]. En algunos casos, y en mi experiencia personal, esto lleva a los alumnos a plantear, desde trabajos triviales o sin ninguna originalidad, hasta otros tan ambiciosos que se tornan irrealizables en un plazo razonable.

Finalmente, los alumnos universitarios llegan a sus carreras de grado con serias deficiencias en la redacción de informes y resúmenes, y en general la carrera universita-

ria no revierte esta situación, lo cual los pone en una situación de quiebre y desafío ante la necesidad de redactar trabajos académicos [5, 6].

## 1.2 Algunas propuestas

Ha habido muchas propuestas para solucionar el problema de los alumnos frente a los TFC. Veamos sólo algunas.

En la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) se han propuesto soluciones a este problema, en el marco de una asignatura denominada Trabajo Final de Aplicación (TFA), que se aplica a preparar la tesina y cuyos intentos de mejora se han analizado en varias publicaciones [2, 7]. El TFA admite, entre sus posibles formatos, “realizar un análisis comparativo y crítico de metodologías, herramientas y algoritmos estudiados con la investigación bibliográfica correspondiente y el desarrollo de una aplicación”, y también “iniciar un trabajo de investigación que implique la aplicación de técnicas o métodos estudiados en áreas no habituales”. Utilizando el segundo de los formatos, se ha propuesto incluso trabajar con un tema que implique desarrollo, investigación o transferencia.

En la misma UNNE, se ha dado el caso de una asignatura cuyos docentes, adscriptos y alumnos trabajan en el TFA [8].

Rosita Wachenchauser planteó en 2013 su experiencia dirigiendo trabajos finales de grado en la Universidad de Buenos Aires (UBA) en el marco de comunidades de código abierto, que también dieron lugar a publicaciones científicas [9].

Hay muchas propuestas más en este sentido. Este artículo presenta una más, hasta ahora utilizada, pero poco difundida.

## 2 Trabajos finales de carrera en el marco de proyectos de investigación

### 2.1 La propuesta

En este marco, el presente trabajo plantea otra propuesta de solución, además de las que se han citado más arriba: insertar a los alumnos que lo deseen en laboratorios de investigación de sus universidades para, en el marco de los mismos, realizar sus TFC.

Ahora bien, en mi experiencia personal y tal como lo he percibido en charlas informales con alumnos, la investigación no es percibida como una salida laboral en algunas carreras informáticas, sobre todo aquéllas de orientación ingenieril o con un sesgo profesionalista. Más aún, he podido percibir que muchas veces los alumnos ni

siquiera saben que pueden participar de proyectos de investigación durante su paso por la carrera de grado: lo ven más bien como algo asociado solamente a doctorandos. Ambas cosas provocan que muy pocos vean a la investigación como una posibilidad de TFC.

Al mismo tiempo, ocurre a menudo que los grupos o laboratorios de investigación de las universidades deben poder validar empíricamente alguna hipótesis planteada en el marco de un proyecto de investigación. En estos casos, una posibilidad es recurrir a la industria. Pero también los TFC son una alternativa, ya sea para que los alumnos trabajen en conjunto con los investigadores, o al menos para desarrollar una prueba de concepto de la hipótesis planteada.

Además de sus beneficios más obvios, desarrollar TFC en el marco de proyectos de investigación acarrea las siguientes ventajas:

- Se convierte en un incentivo para los tutores investigadores, toda vez que, en algunas universidades, los supervisores no reciben ninguna remuneración por dirigir TFC.
- En el caso de aquellos que prefieren desarrollar trabajos en equipo en vez de hacerlo de manera individual, y aun cuando el trabajo se plantee individual per se, se hace en el marco de un laboratorio en el cual hay otras personas interesadas en los resultados del trabajo del alumno.
- El hecho de que el supervisor tenga un interés mayor en el tema del TFC fomenta una dedicación mayor del aquél, que probablemente redunde en menores tiempos para el desarrollo del trabajo.
- Ayuda a cambiar, al menos en parte, la visión estrictamente profesionalista con que la mayoría de los estudiantes encara sus estudios universitarios, al ponerlos en contacto con las funciones de investigación y/o transferencia de sus universidades.
- Un trabajo de investigación sirve para aprender en forma autónoma, a veces incluso sobre algún tema en la frontera del conocimiento. Esta es una habilidad que los futuros profesionales deberían ejercitar en algún momento de sus carreras, más aún en las cambiantes profesiones informáticas.

## 2.2 El marco institucional

Entendemos que nuestra propuesta se puede enmarcar en muchas de las carreras informáticas de la República Argentina, ya que, en algunos casos de manera explícita, y en otros implícitamente, se menciona esta posibilidad. A modo de ejemplo, transcribo parte de la reglamentación de las tesinas de grado de algunas universidades con carreras informáticas:

- La Facultad de Ingeniería de la UBA establece que “[e]l El Ciclo Superior (...) culmina con un trabajo de investigación o desarrollo original e individual del estudiante (...) denominado Tesis de Ingeniería” [10].

- En la Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF) se establece que “La tesis de Ingeniería consistirá en un informe escrito, sobre la base de un trabajo de investigación original” [11].
- En la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata se establece que “[l]as Tesinas de Grado podrán ser de investigación teórica, de investigación aplicada, desarrollo específico, desarrollo con transferencia tecnológica o en temáticas vinculadas a la responsabilidad social” [12].
- Ya vimos que en la UNNE existe la posibilidad de “realizar un análisis comparativo y crítico de metodologías, herramientas y algoritmos estudiados con la investigación bibliográfica correspondiente y el desarrollo de una aplicación”, e incluso “iniciar un trabajo de investigación que implique la aplicación de técnicas o métodos estudiados en áreas no habituales”, lo cual también permite enmarcarlos en nuestra propuesta [2, 7].
- La Universidad Nacional de Rosario estipula para sus tesinas el desarrollo de un proyecto por parte del alumno que “le permitirá utilizar los conocimientos adquiridos en forma integrada para llevar a cabo un trabajo de investigación o desarrollo tecnológico” [13].

Por supuesto, existen algunas carreras, sobre todo aquellas en las que el cuerpo docente tiene un perfil más científico, en las cuales esta propuesta no resultaría novedosa, ya que recurren a ella actualmente. Tal es el caso, por ejemplo, de la carrera de Licenciatura en Ciencias de la Computación de la UBA, en la cual, si bien no hay una reglamentación preceptiva en el plan de estudios, las tesinas suelen tener un sesgo hacia los trabajos en el marco de proyectos de investigación (ver por ejemplo [14]).

### 3 Algunas experiencias

#### 3.1 Experiencias personales previas

En lo personal, he supervisado trabajos finales en la Facultad de Ingeniería de la UBA que se enmarcan en esta propuesta. En esta Facultad, los estudiantes de Ingeniería Informática pueden optar por hacer un Trabajo Profesional o una Tesis. El Trabajo Profesional es una tarea supervisada de 384 horas por alumno como mínimo, que puede ser individual o colectiva, en la cual se ataca un problema real con herramientas profesionales. La Tesis es una tarea individual supervisada de 768 horas, en la cual se desarrolla una solución original a un problema conocido o se aplica una solución conocida a un problema nuevo.

En febrero de 2014 Nicolás Dascanio presentó su Tesis de grado en Ingeniería Informática, en la cual comparó el impacto de los cambios en sistemas que contaban con pruebas de aceptación con aquellos que sólo contaban con pruebas unitarias [15].

Esta tesis sirvió para un proyecto de investigación que comparaba Acceptance Test-Driven Development (ATDD) con Test-Driven Development (TDD), no en el sentido tradicional del desarrollo de software por primera vez, sino en cuanto a su impacto en el costo de los cambios.

En marzo de 2015 Andrés Lange presentó su Trabajo Profesional de Ingeniería Informática, “Suite de análisis de cobertura para Eclipse IDE”, que consistió en el desarrollo de un plugin denominado “Multilayer Coverage”, que permite detectar casos de cobertura redundante de código por diferentes niveles de pruebas (unitarias, de componentes, de comportamiento, de aceptación, etc.). La herramienta se utilizó para analizar cómo diferentes niveles de pruebas podían aumentar la seguridad de refactorizaciones realizadas en sistemas que poseen varios niveles de pruebas. Mientras se estaba desarrollando, se publicó un artículo en ASSE 2013 presentando la herramienta y el problema que buscaba resolver [16]. También se publicó un artículo en una revista científica [17].

Además he dirigido otros trabajos en este mismo sentido, aunque menos enfocados en un proyecto particular.

### 3.2 Pruebas de concepto

Si bien ya hemos tenido experiencias en este sentido, como expliqué en la sección anterior, las mismas no han estado acotadas en su totalidad en un laboratorio de investigación. Por ello, nos hemos planteado validar el planteo en algunos casos concretos en el marco del LIMET (Laboratorio de Métodos de Desarrollo y Mantenimiento de Software de la Facultad de Ingeniería de la UBA).

En este momento, en nuestro laboratorio estamos comenzando a dirigir:

- Una Tesis sobre patrones de migración de software heredado monolítico a una arquitectura de microservicios.
- Un Trabajo Profesional que verifique la adecuación del planteo de usar especificaciones mediante ejemplos para recuperar el conocimiento en un software heredado.
- Otro Trabajo Profesional que consiste en la migración a microservicios de un sistema monolítico en una empresa.

Los tres trabajos, que involucran a futuros Ingenieros Informáticos de la UBA, se enmarcarán dentro del proyecto “Especificaciones con ejemplos y microservicios en el mantenimiento de aplicaciones heredadas” que estamos desarrollando en el LIMET [18].

Asimismo, estamos fomentando la participación de alumnos que deseen realizar sus TFC a hacerlo en el marco de nuestros proyectos de investigación, dirigidos o co-dirigidos por miembros del laboratorio. Por ejemplo, otro integrante del laboratorio está comenzando a dirigir a un alumno en su Trabajo Profesional de Ingeniería Informática, en el cual va a desarrollar un conjunto de herramientas para pruebas de arquitecturas de software, que estará enmarcado en otro proyecto del LIMET.

También en la UNTREF, universidad en la que preparo a alumnos para la formulación de su proyecto de trabajo final de la carrera de Ingeniería en Computación, he sugerido a algunos de ellos que realicen sus trabajos en el marco de proyectos de investigación de esa casa de estudios.

Al trabajar de esta manera, esperamos poder lograr que los alumnos avancen más rápidamente en su TFC, al estar acompañados por supervisores con un interés mayor en el resultado de sus trabajos y ellos mismos más enfocados en un trabajo concreto de investigación. Subsidiariamente, los alumnos toman mayor contacto con otras funciones de la universidad, que incluyen la investigación y la transferencia, además de la formación estrictamente profesional.

Sería interesante, de aquí a unos años, poder comparar al menos nuestra propia experiencia previa con este enfoque.

## 5 Discusión

Probablemente, la propuesta aquí planteada no solucione todos los problemas de deserción de alumnos sobre el final de sus carreras, o ni siquiera se pueda aplicar a todos los casos de demora ante el TFC. También se puede objetar que la propuesta no es del todo novedosa, toda vez que la misma ya se aplica en unidades académicas con mayor proporción de investigadores.

Además, otro laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la UBA, el Grupo de Investigaciones en Ciencias Informáticas (REINVENT-fiuba), también ha comenzado a transitar este camino, teniendo ya dos Trabajos Profesionales dirigidos por Mariano Méndez y desarrollados en el marco de proyectos de este laboratorio [19, 20]. Incluso estoy siendo injusto al no citar explícitamente a algunos otros casos en la misma Facultad.

Sin embargo, creo que es una idea interesante que muchas veces no es considerada suficientemente en las carreras con sesgo más profesionalista. En ese sentido, entiendo que la propuesta tiene un sentido superador, al menos para prestarle mayor atención a una alternativa que en general es más la excepción que la regla.

Por otro lado, es de hacer notar también que la resolución ya mencionada del Ministerio de Educación de la República Argentina establece que “[d]ebe acreditarse un tiempo mínimo de 200 horas de práctica profesional en sectores productivos y/o de servicios, o bien en proyectos concretos desarrollados por la institución para estos sectores o en cooperación con ellos. Las horas de práctica supervisada deben aplicarse a tareas que contribuyan al perfil del profesional que se está formando. Generalmente corresponderán a actividades pertenecientes al área de Tecnologías Aplicadas.” [1]. En este sentido, nada impide que las prácticas profesionales supervisadas, aun cuando habitualmente se realicen en organizaciones extrauniversitarias, también se puedan realizar sobre trabajos que impliquen validar algunas líneas de investigación de laboratorios universitarios. Esto es algo que se podría experimentar en el futuro.

## 6 Conclusiones

El presente artículo ha presentado algunos problemas de los alumnos de carreras informáticas al tener que encarar sus trabajos finales de carrera. Asimismo, se ha propuesto prestar mayor atención a la posibilidad de enmarcar los TFC en laboratorios de investigación, cuyos integrantes pueden actuar de supervisores de los alumnos. Finalmente, se ha explicado que en la Facultad de Ingeniería de la UBA estamos poniéndolo en práctica y esperamos obtener mejores resultados en el futuro próximo. Se expuso también que otra alternativa a explorar es utilizar el mismo mecanismo en la implementación de las prácticas profesionales supervisadas que prevé la reglamentación vigente en la República Argentina.

## Referencias

1. Ministerio de Educación, Resolución 786/2009: Apruébanse los contenidos curriculares básicos, la carga horaria mínima, los criterios de intensidad de la formación práctica y los estándares para las carreras de Licenciatura en Sistemas –Sistemas de Información– Análisis de Sistemas, Licenciatura en Informática (2009) <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do%3Bjsessionid=1620FD22187F4F6C7D51613FA836563A?id=154121> (visitado el 6 de abril de 2018)
2. Mariño, S.I. y Herrmann, C.F.: Innovaciones en el desarrollo de trabajos finales de aplicación en una carrera informática. Cohortes 2003 - 2007. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa - RELATEC, 8 (1), (2009)141-148
3. Bazán, P., Carmona, F., Cosso, P., Dapozo, G., Fontela, C. (coordinador), Kantor, R., Kuna, H., Mariño, S.: Panel “Mesa Redonda: Desafíos que plantean los trabajos finales de carreras”. Informe inédito (2016). Anuncio del panel en [http://45jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/Programa\\_45\\_JAIIO.pdf](http://45jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/Programa_45_JAIIO.pdf) (visitado el 6 de abril de 2018)
4. Luna, H. D.: El escenario de la tesis. Anales del Segundo Simposio electrónico “Las tres T (tesis, tesistas y tutores)” (2005)
5. Boeglin, M.: Leer y redactar en la universidad. Del caos de las ideas al texto estructurado. (2008)
6. Creme, P., & Lea, M. R.: Escribir en la universidad. Gedisa (2000)
7. Mariño, S. I., & Herrmann, C. F.: Experiencias curriculares en la asignatura Trabajo Final de Aplicación en la FACENA. In I Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (2006)
8. Mariño, S. I., & López, M. V.: Un proyecto de docencia, extensión e investigación en la asignatura Modelos y Simulación. In X Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (2008)
9. Wachenchauer, R.: Trabajos de Carreras de Informática en Comunidades de Código Abierto. Anales de las Jornadas Argentinas de Software Libre (2013) 130-140.
10. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Plan de Estudios Ingeniería Informática. Actualización 2016 del Plan 1986 y resoluciones modificatorias. <http://www.fi.uba.ar/sites/default/files/Ingenieria%20en%20Informatica%201986.pdf> (visitado el 6 de abril de 2018)
11. Universidad Nacional de Tres de Febrero. Programa de la asignatura Trabajo de Tesis, carrera de Ingeniería en Computación, plan 2008. <http://untref.edu.ar/wp->



- content/uploads/2013/02/Trabajo-Final-Integrador-Plan-2008.pdf (visitado el 6 de abril de 2018).
12. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Informática. Ordenanza 307. Reglamento de Tesina de Grado. [http://info.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/2014/06/ordenanza307\\_19jun2014.pdf](http://info.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/2014/06/ordenanza307_19jun2014.pdf) (visitado el 6 de abril de 2018).
  13. Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Departamento de Ciencias de la Computación. Tesina: Reglamento de la asignatura R-523. <https://dcc.fceia.unr.edu.ar/es/lcc/r523> (visitado el 6 de abril de 2018).
  14. Departamento de Computación. Tesis de Licenciatura. <https://www.dc.uba.ar/academica/tesis-de-licenciatura> (visitado el 6 de abril de 2018).
  15. Dascanio, N.: Análisis de impacto de cambios realizados sobre sistemas con pruebas automatizadas con distinta granularidad. Tesina de grado de Ingeniería Informática en la Universidad de Buenos Aires, Argentina (2014). <http://materias.fi.uba.ar/7500/Dascanio.pdf> (visitado el 6 de abril de 2018)
  16. Fontela, C., Garrido, A., & Lange, A.: Hacia un enfoque metodológico de cobertura múltiple para refactorizaciones más seguras. In Proceedings of the 14th Argentine Symposium on Software Engineering (2013)
  17. Fontela, C., & Garrido, A.: Connection between safe refactorings and acceptance test driven development. IEEE Latin America Transactions, 11(5) (2013) 1238-1244
  18. Especificaciones con ejemplos y microservicios en el mantenimiento de aplicaciones heredadas. [https://limetfiuba.github.io/proyectos#SBE\\_legacy](https://limetfiuba.github.io/proyectos#SBE_legacy) (visitado el 6 de abril de 2018)
  19. Bartolomé, N., Durán, A., & Obon, D.: The Robots of Dawn (2017). <https://reinvent-fiuba.github.io/proyectos/onro/informe.pdf> (visitado el 6 de abril de 2018)
  20. Alonso, J.M., Desseno, C., & Lew, K: Role Play Learn. Trabajo Profesional inédito. Proyecto en <https://reinvent-fiuba.github.io/proyectos/RolePlayLearn/roleplaylearn.html> (visitado el 6 de abril de 2018).