

Un curso de Herramientas Computacionales para Ingeniería y Ciencias: un caso exitoso de innovación docente

Juan Álvarez Rubio

Departamento de Ciencias de la Computación, FCFM, Universidad de Chile

jalvarez@dcc.uchile.cl

Resumen

La Escuela de Ingeniería y Ciencias de la Universidad de Chile efectuó una importante innovación en la enseñanza y en el aprendizaje de la computación en el plan común de estudios. Una única asignatura de “Computación I”, con énfasis en programación, fue reemplazada por un primer curso de “Herramientas Computacionales para Ingeniería y Ciencias” y un segundo curso de “Introducción a la Programación”.

El curso de Herramientas utiliza una metodología orientada al aprendizaje, involucrando activamente a los alumnos en la resolución de problemas en sesiones de laboratorio guiadas, supervisadas y con preparación previa. Adicionalmente, se desarrollan habilidades transversales como el trabajo en equipo y la comunicación escrita. La experiencia muestra cada año mejores resultados que se reflejan en las evaluaciones de los alumnos, de los profesores y de los cursos siguientes.

1.Introducción

Hasta el año 2013 el primer semestre del plan común de estudios de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile comprendía 45 unidades docentes (UD), equivalentes a 45 horas semanales de dedicación, distribuidas en 5 asignaturas: Álgebra (10), Cálculo (10), Física (10), Computación I (10) e Introducción a la Ingeniería (5). El curso de Computación I era un curso de Introducción a la Programación (utilizando el lenguaje Python) con una última unidad de introducción a un lenguaje orientado a resolver problemas del área científica y de ingeniería (Matlab).

La unidad de Matlab justificaba que la asignatura de Computación I fuera requisito del curso de Física de segundo semestre (Introducción a la Física Newtoniana) que utiliza Matlab como apoyo al trabajo de laboratorio. Sin embargo, la experiencia acumulada evidenció algunos problemas. Si bien la unidad de Matlab era sencilla, sin embargo el curso completo tenía cerca de un 15% de reprobación lo que dificultaba el avance de esos estudiantes por los cursos ubicados en el camino crítico del plan de estudios. Por otra parte, una porción importante de los alumnos que aprobaban el curso no le daban la importancia suficiente a la unidad de Matlab.

En este contexto, la Escuela de Ingeniería y el Departamento de Ciencias de la Computación tomaron la decisión de rediseñar la enseñanza de computación en el plan común a través de dos cursos: una primera asignatura de herramientas computacionales (que incluyera principalmente Matlab) de 5 UD en el primer semestre y una segunda asignatura de Introducción a la Programación de 10 UD en el segundo semestre. De esta manera el primer semestre del plan común quedó estructurado con 50 UD distribuidas en

6 asignaturas (trasladando Química de 10 UD desde el segundo al primer semestre). De esta manera, el primer semestre puede considerarse como de nivelación para las siguientes asignaturas del plan común.

A continuación se presenta el diseño del curso de Herramientas considerando sus propósitos, objetivos, contenidos y metodología y la experiencia acumulada en tres semestres (años) de impartición. Adicionalmente se incluye una explicación general del nuevo curso de Introducción a la Programación.

2. Propósitos, objetivos y contenidos

El diseño del nuevo curso fue encargado por la Escuela de Ingeniería y Ciencias al Departamento de Ciencias de la Computación (DCC) a fines del año 2013. El DCC designó un comité coordinado por Juan Álvarez e integrado por los académicos Nelson Baloian, Nancy Histschfeld, Patricio Inostroza, José Pino y Patricio Poblete (quien entonces era Director de la Escuela de Ingeniería y Ciencias).

El nuevo curso fue nombrado “Herramientas computacionales para Ingeniería y Ciencias” (“Computer Tools for Engineering and Sciences”) para reflejar el propósito de familiarizar a los estudiantes con un conjunto de herramientas computacionales útiles para apoyar los primeros años de estudios. Un segundo propósito es nivelar el conocimiento y experiencia con herramientas de uso común de modo de lograr una “alfabetización” computacional mínima para los estudiantes de la Escuela

De acuerdo a la normativa y nomenclatura de la Escuela de Ingeniería y Ciencias se definieron los objetivos enunciando los siguientes resultados de aprendizaje:

- comunicar información a través de un blog y de documentos
- resolver problemas estadísticos , gráficos y de manejo de datos
- resolver problemas numéricos del ámbito de las ciencias físicas y matemáticas
- resolver analíticamente problemas de álgebra y de cálculo

Consecuentemente, los contenidos fueron organizados en las siguientes unidades temáticas:

- herramientas para la comunicación en redes de computadores (Wordpress para blogs y Word para documentos técnicos) en 3 sesiones
- herramienta para analizar y graficar tablas de datos (Excel) en 3 sesiones
- introducción a la programación en Matlab en 6 sesiones
- herramienta de computación simbólica (Maple) en 1 sesión

Para la unidad de Matlab, la más extensa e importante del curso, se definieron los siguientes resultados de aprendizaje:

- realizar cálculos con escalares
- procesar y graficar listas de números
- calcular y graficar estadígrafos simples: promedio, menor/mayor, desviación, frecuencia, porcentaje, mediana, moda
- determinar y graficar una recta de mínimos cuadrados
- determinar, evaluar y graficar polinomios

- resolver sistemas de ecuaciones lineales
- calcular raíces y área bajo la curva utilizando métodos de aproximaciones
- evaluar funciones a través de series
- simular y graficar procesos físicos simples

3. Metodología

La metodología del curso se inscribe en el paradigma educativo de orientación al aprendizaje, es decir, está centrada en el logro de objetivos por parte de los alumnos en lugar de la entrega de contenidos por parte del profesor. Específicamente, la metodología se basa en la resolución de problemas por parte de los estudiantes en un contexto de aprendizaje activo, trabajo colaborativo (en grupos de dos alumnos), y trabajo guiado (por el profesor) y supervisado (por el profesor y dos ayudantes).

Para conseguir el involucramiento efectivo de todos los estudiantes en su aprendizaje, los 850 alumnos del curso se dividen en 16 secciones de aproximadamente 54 alumnos. Cada sección debe concurrir una vez a la semana al laboratorio de Física “Galileo” que cuenta con 30 puestos para trabajo en grupo [figura 1]. Cada puesto está equipado con un computador personal y el profesor cuenta con facilidades de proyección en múltiples telones y con una mesa de control para todos los computadores (que posibilita o inhibe el trabajo de los alumnos).



Figura 1: Sala de laboratorio Galileo

El objetivo de cada sesión es resolver un problema utilizando una herramienta computacional. Para lograr este objetivo se distinguen cuatro etapas: preparación previa, trabajo en el laboratorio, entrega del resultado, reflexión del trabajo realizado.

La preparación previa debe ser realizada por cada alumno en forma individual y consiste en un trabajo sencillo siguiendo una guía entregada por el profesor que permite tener una primera experiencia con una herramienta computacional (o con alguna facilidad adicional de una herramienta). El trabajo puede ser realizado en los computadores de los alumnos o en los ubicados en los laboratorios de la Escuela. El resultado debe ser entregado antes

de la sesión de laboratorio utilizando la plataforma U-cursos (que facilita la administración de todos los aspectos de un curso).

El trabajo en el laboratorio debe ser realizado en grupos de dos alumnos en una sesión de 90 minutos. En los primeros 15 a 20 minutos el profesor presenta la solución de la guía de preparación y explica las nuevas facilidades que se necesitan en la sesión. A continuación las parejas deben resolver un problema siguiendo una guía de laboratorio contando con la asesoría del profesor y de dos ayudantes (alumnos de cursos superiores). En la guía se definen resultados parciales que deben ser entregados durante la sesión. El plazo para entregar el resultado final es la medianoche del día del laboratorio (23:59 horas de U-cursos). Cabe señalar que la gran mayoría de los grupos entrega el resultado durante la sesión, o con un atraso de 15 minutos (antes que comience la siguiente clase en la sala).

La reflexión del trabajo realizado en el laboratorio debe ser efectuada y entregada individualmente a través de un blog que es público a todos los alumnos de la sección, lo que constituye un incentivo aún mayor para realizar un buen trabajo. El blog, que debe "ser subido" a wordpress antes del siguiente laboratorio, habitualmente comprende dos aspectos: un análisis del problema resuelto y una opinión respecto del uso de la herramienta computacional.

En las dos primeras sesiones del curso los estudiantes aprenden y experimentan con las plataformas de entrega de los trabajos (U-cursos) y de construcción de blogs (wordpress). De hecho, en la primera sesión, en que se presenta los propósitos, objetivos, contenidos, metodología y evaluación del curso, adicionalmente los alumnos se familiarizan con la plataforma computacional U-cursos, entregando una planilla Excel con la solución de un problema sencillo que se utiliza para ilustrar la metodología de trabajo. En la segunda sesión deben leer (preparación), comentar (trabajo de laboratorio) y construir (resultado de la sesión) un blog utilizando wordpress.

4. Evaluación y resultados

La nota de cada laboratorio se calcula sumando los puntos asignados a cada una de las 4 etapas. La preparación se evalúa bien (1.0 punto), regular (0.5 puntos) o mal (0.0 puntos). El trabajo y el resultado se califican bien (2.0 puntos), regular (1.0 punto) o mal (0.0 puntos). Y el blog se evalúa con 1.0, 0.5 o 0.0 puntos. La suma de los 4 puntajes, más uno, permite expresar la nota de cada laboratorio en la escala 1 a 7. Cabe señalar que los cursos paralelos de otros profesores califican cada una de las 4 partes con un máximo de 1.5 puntos.

La nota final de cada alumno se calcula como el promedio de las 10 mejores notas de los 13 laboratorios con la restricción de eliminar a lo más 2 notas (de 6) de la unidad de Matlab, 1 de 3 de Excel, 1 de 3 de comunicación (blog y Word) y 1 de 1 de Maple. Cabe señalar que en los años 2014 y 2015 se exigía un examen escrito pero se eliminó debido a la imposibilidad de tomar un examen de laboratorio simultáneamente a 850 alumnos.

Los resultados finales de este año 2016 aún no se conocen, pero por las innovaciones introducidas se espera que sean mejores que las de los años 2014 y 2015 con un 5.3% y 2.6% de reprobación respectivamente. Adicionalmente, se han recibido comentarios favorables del curso de Física "Introducción a los sistemas newtonianos" en el sentido que la utilización de Matlab ya no presenta problemas para los alumnos.

Por otra parte, los estudiantes evaluaron al profesor con un promedio 5.6 en 2015, 5.9 en 2015 y 6.5 en 2016 (en la encuesta de mitad de semestre) lo que muestra la favorable percepción de los alumnos al mejoramiento progresivo de todo el material del curso y especialmente de la metodología.

5. Curso de Introducción a la Programación

El segundo curso de computación en el plan Común es un curso de “Introducción a la Programación” con dos sesiones de clases y una ayudantía por semana (10 UD). Por estar situado ahora en el segundo semestre, su objetivo general de “resolver problemas a través de programas” se descompone en resultados de aprendizaje más ambiciosos que los cursos introductorios tradicionales:

- Descomponer un problema en sus partes fundamentales
- Implementar programas siguiendo una metodología formal
- Verificar que los programas sean correctos

El objetivo de “resolver problemas a través de programas” se aborda a través de distintos paradigmas de programación que constituyen las unidades de aprendizaje del curso:

- Introducción a la programación
- Programación funcional
- Programación imperativa
- Programación orientada a objetos

El lenguaje de programación utilizado es el lenguaje Python que hospeda amablemente a los diferentes paradigmas de programación (con una extensión local para programación funcional) y constituye una buena herramienta para trabajos posteriores de mayor envergadura y complejidad de las distintas áreas de ingeniería y ciencias.

6. Conclusiones

Un curso de Herramientas computacionales en el primer semestre del plan de estudios de Ingeniería permite nivelar los conocimientos previos y lograr una “alfabetización” mínima para estudiantes de Ingeniería y Ciencias. De esta manera, los alumnos pueden utilizar las herramientas para apoyar sus otras asignaturas e inscribir cursos de física y/o matemáticas que lo exijan como requisito.

El curso utiliza una metodología orientada al aprendizaje, centrada en la resolución de problemas e involucrando activamente a los estudiantes en sesiones de laboratorio guiadas y supervisadas. La metodología permite también el logro de habilidades transversales como el trabajo en equipo y la comunicación escrita (blogs y documentos técnicos). Los resultados han sido muy satisfactorios para los estudiantes, los profesores, y los cursos que exigen la asignatura como requisito.

Adicionalmente, el curso permite postergar a un segundo semestre la programación de computadores. De esta manera, el curso de programación puede proponerse objetivos más ambiciosos que permitan a los alumnos escribir programas siguiendo estándares profesionales y formales.