

Experiencias de estímulo a la creatividad en la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de la República.

Pablo Belzarena,
belza@fing.edu.uy

Alvaro Giusto,
alvaro@fing.edu.uy

Gregory Randall,
randall@fing.edu.uy

Instituto de Ingeniería Eléctrica. Facultad de Ingeniería. Universidad de la República
J. Herrera y Reissig 565. Montevideo, Uruguay.

Área temática: Formación de habilidades y competencias para la innovación.

Resumen

Este reporte describe la experiencia de la asignatura Taller de Proyecto entre los años 2002 a 2005. Sus objetivos incluyen: estimular la creatividad del estudiante al encarar problemas de ingeniería y brindar una experiencia sobre la importancia de la organización del trabajo en equipo en la solución eficaz a dichos problemas.

La metodología de la asignatura es, sucintamente, como sigue. Se dividen los estudiantes en equipos de 5 o 6. A todos se les propone el mismo problema, con determinadas restricciones técnicas, presupuestales y temporales. El problema es elegido de tal forma que admita múltiples soluciones, que no sea viable resolverlo con un procedimiento estándar y que, por tanto, la creatividad para buscar una solución juegue un papel importante. El diseño preliminar de cada grupo debe ser patentado a los efectos de forzar una búsqueda independiente de soluciones.

La actividad posibilita alcanzar objetivos formativos importantes con una modesta inversión de horas docentes. Los alumnos aprenden haciendo en un contexto estimulante, lo que redundará en una actividad formativa en extremo eficiente. La experiencia, empero, no está exenta de riesgos, dado su carácter innovador.

1. INTRODUCCION

El marco de la experiencia es la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República [1]. La carrera es de 5 años y está basada en créditos. La actividad descrita en este reporte se inscribe dentro de la asignatura Taller de Proyecto, la que se ubica en el 8º semestre inmediatamente después de impartir la esencia de la formación básico-tecnológica.

Desde hace algunos años hemos notado algunas carencias que consideramos importantes en la formación de nuestros ingenieros. Dos de estas carencias son:

- Dificultades para enfrentar y resolver problemas nuevos.
- Dificultades para buscar soluciones y ejecutarlas en equipos grandes, donde deben dividirse tareas, resolver conflictos del grupo, definir roles, etc.

Las causas de tales carencias son varias:

- La estructura de la carrera. El proceso de adquisición de la formación básica en los dos primeros años parece contribuir a que se vaya perdiendo la capacidad de encontrar soluciones creativas a problemas nuevos [2].
- La relación docente/estudiante obstaculiza desarrollar tempranamente estas habilidades.
- No existen en la Facultad de Ingeniería, al conocimiento de los autores, antecedentes de asignaturas que tengan por objetivo desarrollar las habilidades descritas.

Las carencias mencionadas y la percepción de que son aspectos muy relevantes en la formación de los ingenieros motivaron la búsqueda de otras formas de enseñanza diferentes. En este proceso de búsqueda hemos conocido la experiencia de “Proyecto Electrónico 1 y 2” de la Pontificia Universidad Católica de Perú (PUCP)[3] que nos ha servido como referencia.

La asignatura "Taller de Proyecto", creada en 2002 se inscribe en un esfuerzo más amplio por paliar algunas de las falencias señaladas. La experiencia que aquí se describe debe verse como parte de un conjunto que incluye al menos al “Taller de Arte y Programación”, la reformulación de la asignatura Proyecto y el desarrollo de varias asignaturas evaluadas a través de un proyecto.

La estructura de este reporte es como sigue. A continuación se describen los objetivos de la asignatura. En la sección 3 son presentados los aspectos metodológicos de la misma. En la sección 4 se describe, a modo de ejemplo, uno de los problemas propuestos. El reporte se cierra con una discusión de balance y conclusiones de la experiencia.

2. OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA

Se pretende, en líneas generales

- estimular la creatividad del estudiante al encarar problemas de ingeniería,
- brindarle al estudiante la experiencia de que a través de la organización del trabajo en equipo es posible ser eficaz en la implementación de soluciones a dichos problemas,
- brindarle al estudiante una metodología para el abordaje de problemas de ingeniería,
- viabilizar un trabajo de síntesis de conocimientos para resolver un problema.

A su egreso de la asignatura el estudiante

- habrá ganado la convicción íntima de que su formación universitaria le permite abordar exitosamente problemas tecnológicos en alguna medida abiertos y desafiantes,
- habrá vivido la experiencia del trabajo en equipo, su potencialidad y sus desafíos,
- habrá experimentado la diferencia entre un modelo de la realidad y la realidad misma,
- habrá realizado reiteradamente el ciclo experimentación-análisis-diseño de solución,
- habrá tenido la experiencia de realizar un proyecto con limitaciones presupuestales y temporales,
- habrá realizado una experiencia de autoevaluación a nivel grupal e individual.

3. ASPECTOS METODOLOGICOS

Se trabaja en equipos de cinco personas o más. A cada equipo se le plantea el mismo problema, que debe reunir las siguientes características:

- es un problema nuevo para el estudiante y admitirá múltiples soluciones, capaces de ser implementadas en un semestre,

- tiene aspectos que evitan una solución estándar. Para lograr esto, muchas veces se plantean problemas sin ninguna aplicación práctica. El objetivo es el estímulo de la creatividad y no el desarrollo de un trabajo sofisticado de ingeniería.
- Se buscan problemas que permitan a los grupos competir por la mejor solución.

En una primera fase los equipos deben delinear la solución al problema y “registrar” su patente. Luego tienen el resto del semestre para implementar la solución. Las soluciones aportadas por los distintos equipos deben diferir sustancialmente entre ellas.

Hay una fecha perentoria donde los equipos hacen una presentación pública de su solución y compiten para demostrar que su solución es la mejor. Durante el semestre hay reuniones periódicas con cada equipo, donde se discute su avance y se busca transmitir fundamentalmente metodologías de trabajo, pero no soluciones técnicas al problema. Se exigen presentaciones parciales en las que cada equipo hace una autoevaluación del trabajo grupal y de cada integrante.

Los equipos deben designar un coordinador, responsable de la organización del trabajo, la asignación de responsabilidades, y de trabajar en pos de la cohesión y motivación del grupo.

El curso se evalúa en la presentación final, más una reunión posterior de cada equipo con los docentes. En la calificación se tiene en cuenta: la creatividad y eficacia de la solución, el funcionamiento del equipo, el trabajo del coordinador y los costos de la solución.

La fase creativa del trabajo se concentra sobremanera en la etapa inicial de diseño hasta la aceptación de la patente. Los docentes en esta etapa ponen énfasis en los aspectos metodológicos de una búsqueda eficaz de la solución adecuada. Lo primero que se hace es convencerlos de que ellos con su formación, su trabajo y esfuerzo pueden resolver exitosamente el desafío. Se los insta a tratar de estimularse mutuamente y aportar el mayor número posible de soluciones al problema planteado en una mecánica clásica de tormenta de ideas.

Una vez concluida esa etapa debe profundizarse en el plan de trabajo del equipo. Se divide el trabajo en los diversos aspectos del problema, profundizándose en esta etapa el papel que cumple el coordinador para obtener un funcionamiento aceitado. Los docentes se van a ir interesando cada vez más en los detalles de funcionamiento del equipo y en la adecuada definición de las tareas a cumplir por cada integrante. Ésta es, previsiblemente, la primera experiencia del coordinador del equipo en esta función, por lo que merece una atención especial de soporte.

En el transcurso de la construcción física del prototipo y sus problemas de funcionamiento, los docentes interactúan con cada equipo pero en ninguna circunstancia les resuelven el problema.

Este proceso es muy rico ya que los estudiantes hacen un trabajo de análisis del comportamiento del prototipo, formulan hipótesis y trabajan para corroborarlas. Una vez verificado el diagnóstico es necesario proponer una solución. Estas experiencias les brindan, además, una mayor confianza en ellos mismos para hacer frente a los próximos desafíos.

Los aspectos metodológicos parten de la experiencia profesional y docente de los impulsores de la iniciativa y de la experiencia de la PUCP [3]. A su vez, están completamente en línea con

referencias reconocidas en métodos educacionales para ingenieros [2]. Los estudiantes vivencian la diferencia profunda entre la realidad y el modelo simplificado que pretende representarla.

La autoevaluación tiene por objeto que los estudiantes tengan una realimentación temprana acerca de la adecuación de su conducta y desempeño personal en el grupo a fin de corregir errores. También les permite un análisis del funcionamiento grupal y de cuán eficazmente están encaminándose a la consecución de los objetivos en el curso.

La instancia final del curso consta de una exposición pública de los prototipos y la competencia. Es una instancia sumamente grata que los alumnos y los docentes comparten con sus familias. Es también el comienzo de la actividad del año siguiente, ya que previamente se ha promocionado el evento visitando clases a las que asisten los alumnos que podrán cursar Taller de Proyecto en la edición siguiente.

4.UNO DE LOS PROBLEMAS PROPUESTOS

Se describe a continuación el problema de la edición 2003 para dar una idea un poco más clara del tipo de problemas que se proponen. Se sugiere también visitar [la referencia \[4\]](#).

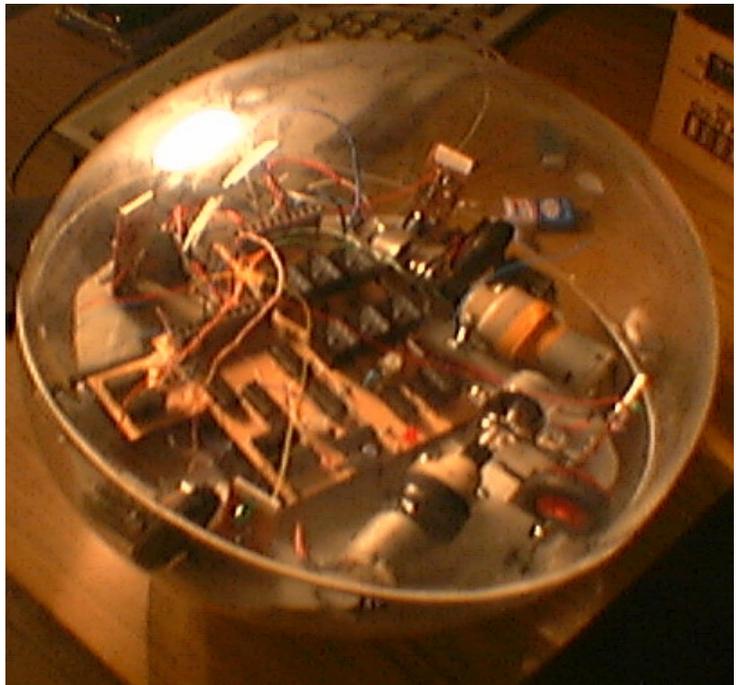
Se debe diseñar un volumen convexo, rígido y autónomo que sea capaz de detectar un arco e introducirse en el mismo (hacer un gol consigo mismo). El volumen no podrá moverse por ninguna fuerza exterior a él, con excepción de las fuerzas de reacción ejercidas por el piso o eventuales obstáculos. El arco tendrá como dimensiones un metro de ancho por medio metro de alto. En el recinto pueden existir obstáculos en cualquier lugar que el móvil deberá sortear. El arco será identificado por medio de una fuente luminosa.

El móvil podrá ser posicionado inicialmente en cualquier parte del recinto y deberá introducirse en el arco en el menor tiempo posible. Se hará una prueba competitiva de desempeño.

Cada equipo contará como máximo con 2500 pesos (US\$ 100) para realizar el proyecto.

En una primera etapa, se deberá diseñar el móvil teniendo en cuenta los objetivos y restricciones planteadas. Para eso deberá registrarse una patente que contendrá:

1. Forma elegida del volumen
2. Sistema de movimiento
3. Sistema de detección de obstáculos
4. Sistema de detección del arco.
5. Estimación de costos
6. Cronograma tentativo con presentaciones parciales



Para esta etapa tendrán un plazo máximo de 4 semanas. No se admitirán dos patentes que sean similares en todos los puntos 1 a 4, al menos en dos deberá ser sustancialmente diferente.

Figura 1: "La bola". Edición 2003

5. BALANCE DE LA EXPERIENCIA Y PERSPECTIVAS

La experiencia, tanto desde la evaluación docente como la de los estudiantes, ha sido muy positiva. Se trata de una experiencia muy rica con una excelente motivación de la mano de la experiencia creativa y de sus aspectos lúdicos.

El sitio web [4] incluye el programa de la asignatura, una descripción detallada de los problemas planteados en 2002 a 2005, la documentación final de cada grupo, las patentes respectivas, así como fotos y videos de los dispositivos construidos. La documentación incluye no sólo aspectos técnicos sino también una evaluación de los alumnos sobre la experiencia desde el punto de vista formativo. El material audiovisual describe muchos aspectos sustantivos de la actividad de manera más elocuente que estas líneas.

Las experiencias fueron expuestas en el marco de las muestras anuales respectivas de Proyecto de Fin de Carrera. En 2002 cursaron 4 alumnos; en 2003, 12; en 2004, 18; en 2005, 6.

Entre noviembre 2004 y mayo 2006 se ejecutó un proyecto de Innovación en materia de Enseñanza financiado por la Universidad que permitió hacer las inversiones necesarias para contar con un espacio físico apropiado. Se equipó una sala de aproximadamente 20m² que cuenta con 5 mesas de trabajo. El proyecto también permitió solventar los gastos de la edición 2005.

Un aspecto que merece ser destacado es el siguiente. La asignatura posee algunas características muy interesantes en el contexto de masividad y adversa relación docente/estudiante actual. Es posible alcanzar objetivos formativos importantes con una modesta inversión de horas docentes, las que se emplean directamente en enseñar. Los alumnos aprenden haciendo, en un contexto estimulante, lo que redundará en una actividad formativa en extremo eficiente.

Sin embargo, la actividad no está exenta de riesgos y la experiencia no lo está de desaciertos. La experiencia 2004, muy exitosa en sus resultados, resultó empero, muy demandante de tiempo para los estudiantes con el agravante que el pico de esfuerzo se solapó parcialmente con las vacaciones veraniegas. Ello, unido al hecho de que la asignatura es electiva, originó que el interés de los estudiantes por la asignatura decayera en la versión 2005, que contó con un grupo de 6 personas. La experiencia 2005 recogió algunos cambios metodológicos y de organización de la asignatura, evitando el pico de trabajo estudiantil en el verano.

La experiencia recogida hasta el presente desaconseja la realización de la actividad cuando no hay competencia entre varios grupos dado que se dan varios procesos adversos. En primer lugar, la competencia entre varios grupos reduce significativamente alguna parte de la carga horaria, ya que si bien compiten, los grupos usualmente comparten algunas conclusiones sobre lo que funciona y lo que no, llevando a que buena parte de los ensayos necesarios en el desarrollo de las soluciones se repartan equitativamente entre los equipos. Por otro lado, tanto o más importante, la motivación del grupo acaba dependiendo de aspectos circunstanciales y personales del grupo, siendo más fácil de mantener y asegurar cuando existe competencia.

Es difícil estimar a priori la magnitud de la carga horaria que será necesaria para desarrollar un proyecto por un grupo de estudiantes. Es más difícil aún resolver esa condicionante con la necesidad que el proyecto tenga aspectos lúdicos y estimulantes. La motivación fue

adecuadamente lograda en todas las ediciones, salvo 2005 en que este aspecto resultó un problema en sí mismo y un obstáculo para llegar a los objetivos de la asignatura.

Perspectivas

En el año 2007 se llevará a cabo una nueva experiencia denominada Taller Encararé. La nueva asignatura desplazó su foco hacia la extensión curricular y el desarrollo de la actitud emprendedora más allá de mantener el estímulo a la creatividad y al trabajo en equipo.

Se conformarán equipos de tres o cuatro estudiantes, a los que se les plantearán una o más áreas de interés: “personas con discapacidad”, “agro”, “salud”, etc. Se les darán contactos de referencia en cada área, con los que deberán mantener entrevistas con el objetivo de obtener una lista de problemas y oportunidades. En un taller donde participarán todos los equipos se presentarán y discutirán estos problemas para seleccionar los más interesantes.

Al finalizar el curso los estudiantes deberán presentar un diseño preliminar de una solución y un proyecto de desarrollo de un prototipo así como un plan de negocios simple del producto. El proyecto final deberá cumplir los requisitos exigidos para las solicitudes de financiamiento de prototipos por parte de ciertas instituciones y fundaciones del medio local. De prosperar la solicitud, podrá ser la base del Proyecto de Fin de Carrera.

La asignatura contendrá una serie de exposiciones sobre: metodologías de obtención de problemas, introducción a la gestión de proyectos, documentación, el proceso de diseño y una introducción al desarrollo de un plan de negocios.

Ambos emprendimientos Taller de Proyecto y Taller Encararé constituyen actividades profundamente innovadoras en la Facultad de Ingeniería y en la carrera. La experiencia recogida más la que está en curso son la base de un espacio curricular que está en proceso de definición y que propende al desarrollo de un conjunto de habilidades y competencias que constituyen la principal carencia de la oferta curricular actual. Ese espacio curricular tendrá un lugar obligatorio en el curriculum a la altura del tercer y cuarto año, estará compuesto por un conjunto de asignaturas de modalidad taller y se entroncará adecuadamente con el Proyecto Final.

Agradecimientos

Queremos manifestar nuestro agradecimiento a los Profesores Jorge Heraud y Joaquín González de la PUCP, a los ayudantes Pablo Senatore y Pablo Castro, a los estudiantes que han participado de la misma, al IIE y a la CSE por su apoyo institucional y financiero.

Referencias

[1] <http://iie.fing.edu.uy/ense/> Información institucional de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

[2] Teaching Engineering, P.C. Wankat, F.S. Oreowicz, McGraw Hill, 1993.

[3] Proyecto Electrónico 1 y 2, Ingeniería Electrónica, Pontificia Universidad Católica del Perú, <http://www.pucp.edu.pe>

[4] <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/tapro/>. Sitio web de la asignatura.