

## **Taller de Proyecto: una experiencia de estímulo a la creatividad y de desarrollo de las habilidades de trabajo en equipo en Ingeniería.**

Pablo Belzarena,  
[belza@fing.edu.uy](mailto:belza@fing.edu.uy)

Alvaro Giusto,  
[alvaro@fing.edu.uy](mailto:alvaro@fing.edu.uy)

Gregory Randall,  
[randall@fing.edu.uy](mailto:randall@fing.edu.uy)

Instituto de Ingeniería Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República

### Mesa I: procesos educativos en el aula

Palabras clave: creatividad, trabajo en equipo, diseño

#### Resumen

Este reporte pretende compartir la experiencia de la asignatura Taller de Proyecto (carrera de Ingeniería Eléctrica, Universidad de la República) entre los años 2002 a 2005. Sus objetivos son

- estimular la creatividad del estudiante al encarar problemas de ingeniería,
- brindar 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,
- viabilizar un trabajo de síntesis de conocimientos para resolver un problema.

La metodología es, sucintamente, como sigue. Se divide los alumnos en grupos de 5 o 6 estudiantes. A todos los grupos se les propone el mismo problema, con determinadas restricciones técnicas, presupuestales y temporales. Las características del problema son elegidas de tal forma que no sea posible resolverlo con un procedimiento o técnica estándar, que admita múltiples soluciones y que, por tanto, la creatividad para buscar la solución más adecuada juegue un papel importante. Cada grupo debe realizar un diseño preliminar que debe ser patentado a los efectos forzar una búsqueda independiente de soluciones.

La actividad posibilita alcanzar objetivos importantes desde el punto de vista formativo 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. El reporte describe la experiencia e incluye un primer análisis de las fortalezas y debilidades de la propuesta actual. También describe modificaciones a estudio para las próximas ediciones.

## 1. Introducción

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, está basada en créditos y tiene por tanto, un curriculum flexible. En pocas palabras, la formación básica en Física y Matemática se concentra en los primeros cuatro semestres, los tres siguientes aportan la formación básico-tecnológica para posteriormente abrirse notoriamente en las diferentes opciones presentes en la implementación actual, las que se corresponden con áreas nítidamente diferenciadas del ejercicio profesional.

La actividad descrita en este reporte se inscribe dentro de asignatura Taller de Proyecto, la que se ubica en el 8° 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. Más aún cuando estos, como sucede naturalmente en la práctica profesional, no están del todo bien formulados.
- Dificultades para buscar soluciones y ejecutarlas en equipos grandes, donde deben dividirse tareas, resolver conflictos del grupo, definir roles, etc. Estas se agravan cuando deben resolver problemas en grupo y con presupuesto y cronograma muy restrictivos.

Las causas de tales carencias son varias:

- La estructura de la carrera. Los dos primeros años brindan una sólida formación básica, imprescindible para la formación de los ingenieros en nuestra realidad. Sin embargo, y esto es en algún sentido paradójico, el proceso de adquisición de esa sólida formación básica 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
- Los cursos más orientados al diseño se basan fundamentalmente en diseñar algo aplicando un conjunto de conocimientos concretos impartidos previamente en el curso.
- No existen antecedentes de asignaturas que tengan por objetivo desarrollar las habilidades descritas anteriormente en la Facultad de Ingeniería, por lo menos en conocimiento de los autores de esta propuesta.

El proyecto de fin de carrera es la actividad integradora clásica en que los estudiantes se enfrentan por primera vez a un problema de Ingeniería. Cumple un papel mayor en la formación de los ingenieros. Sin embargo, las características de los problemas que los alumnos deben enfrentar no siempre contribuyen significativamente a brindarles herramientas para encarar exitosamente problemas nuevos y confianza en que lo puedan lograr. Los proyectos de fin de carrera son realizados por grupos de tres estudiantes.

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 que ayuden a formar a los futuros profesionales en estas áreas. En este proceso de búsqueda de una metodología diferente de enseñanza, hemos conocido experiencias exitosas en Universidades de la región que apuntan en el mismo sentido que nuestras aspiraciones para la asignatura. A través del Consorcio Iberoamericano para la Educación en Ciencia y Tecnología (ISTEC) tomamos conocimiento de las características de proyectos realizados exitosamente en la Pontificia Universidad Católica de Lima (PUCL). Las visitas de los docentes Belzarena y Giusto a Lima y del Prof. Joaquín González a Montevideo permitieron conocer esa experiencia en detalle. La asignatura "Proyecto Electrónico 1" de la PUCL consiste de la realización de un mismo proyecto por parte de 5 o 6 grupos de alrededor de 6 alumnos que trabajan cooperativamente al interior de cada grupo y competitivamente entre los grupos para resolver un problema planteado. "Proyecto Electrónico 2" consiste básicamente en la realización de un mismo proyecto por un grupo de más de 10 estudiantes que se organizan eficientemente y dividen el trabajo, para culminar el proyecto en un semestre [3]. Los autores de esta ponencia evaluaron in situ dicha experiencia y hallaron un conjunto de ideas y procedimientos que pueden ser aplicados localmente.

Basados en esta experiencia y en las diversas discusiones sobre este tema desarrolladas internamente en el IIE, propusimos en el año 2002, una nueva asignatura denominada "Taller de Proyecto".

Esta propuesta se inscribe en un esfuerzo más amplio por paliar algunas de las falencias señaladas y que se desarrolló en el IIE a partir del año 2000. En ese sentido 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 asignaturas evaluadas a través de un proyecto como "Tratamiento de Imágenes por Computadora", "Procesadores Digitales de Señal" y "Diseño Lógico 2".

Hemos recibido el apoyo de la CSE en el contexto del llamado 2004 relativo a innovaciones en materia de enseñanza. El proyecto, que fue aprobado y ejecutado desde noviembre 2004 a mayo 2006 se tituló igual que este reporte.

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, así como algunos detalles organizativos de la misma. La sección 4 incluye, a modo de ejemplo, los problemas propuestos en dos ediciones de la asignatura, así como fotos de dispositivos construidos por los alumnos. 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 personalmente 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 trabajo concreto con limitaciones presupuestales y temporales,
- habrá realizado una experiencia de autoevaluación a nivel grupal e individual,
- habrá tenido una primera experiencia del papel de la ética en el trabajo profesional.

### **3. Aspectos metodológicos**

En este apartado describiremos sucintamente en primera instancia la mecánica de la asignatura, para describir algunos aspectos metodológicos más adelante, desde el punto de vista docente.

Se trabaja en equipos de cinco personas o más. Al comienzo del curso, a todos los equipos se les planteará el mismo problema. Los problemas elegidos tienen las siguientes características:

- Son nuevos para el estudiante y admitirán múltiples soluciones,
- Es posible encontrar e implementar las soluciones en un semestre,
- Tienen aspectos que imposibilitan encontrar una solución estándar en la bibliografía e implementarla. Para lograr esto, muchas veces se plantean problemas sin ninguna aplicación práctica. El objetivo no es que hagan un trabajo sofisticado en ingeniería eléctrica, sino que solucionen un problema de manera creativa.
- 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 ante los docentes. Luego tienen el resto del semestre para implementar la solución. Las soluciones aportadas por cada grupo deben diferir sustancialmente entre ellas.

Se entrega a cada equipo una cierta cantidad de dinero con la que tienen que resolver el problema. Por lo tanto el problema planteado debe tener un costo acorde al presupuesto.

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 los docentes discuten con el grupo el avance y buscan transmitir fundamentalmente metodologías de trabajo, pero no aportar la solución al problema.

Se exigen presentaciones parciales en fechas previamente establecidas. En estas instancias cada grupo debe hacer una autoevaluación del trabajo grupal y personal de cada integrante.

Los equipos deben designar:

- Un coordinador. Es el responsable de la organización del trabajo, la asignación de responsabilidades, trabajar en pos de la cohesión y motivación del grupo,
- Un tesorero. Es el responsable de manejar las finanzas del grupo y de rendir cuentas,
- Un integrante que participa en el grupo denominado Interfaz.

El grupo Interfaz, integrado con un miembro de cada equipo, es responsable de llegar a un acuerdo entre los equipos y acordar con el grupo de docentes:

- Las reglas de la competencia final,
- Las restricciones que es necesario hacer al problema propuesto,
- Diseñar y construir el equipamiento necesario para probar las soluciones con un mismo contexto.

El curso se evalúa en la presentación final, más una reunión posterior del grupo con los docentes para realizar una evaluación del trabajo realizado y del funcionamiento del grupo. En la calificación se tiene en cuenta: lo creativo de la solución, la eficacia de la solución el día de la prueba, el cumplimiento de los plazos, el funcionamiento del equipo, el trabajo del líder, el buen manejo financiero y los costos de la solución y la actuación en el grupo interfaz. Son tomadas también en cuenta las autoevaluaciones de los grupos.

### Metodología

La fase creativa del trabajo se concentra sobremanera en la etapa inicial de diseño hasta la aceptación de la patente. La experiencia de estos años es que se trata de una experiencia riquísima con una motivación enorme de la mano de la experiencia creativa y del aspecto lúdico del problema.

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, con sumo cuidado en no obstaculizar el proceso que están desarrollando, a tratar de estimularse mutuamente y aportar el mayor número posible de soluciones al problema planteado (tormenta de ideas). Se les recomienda para ello en una primera etapa tomar nota de cada idea, no descartar ninguna y construir mejoras a partir de ideas ya volcadas. Una vez que han acumulado bastante material (y

no antes) se les recomienda analizar las ideas presentes para descartar algunas y poder afinar en la elección entre aquellas que sean más promisorias. Es útil que algunos miembros del grupo asuman el papel de interlocutor escéptico a fin de profundizar el análisis de los pros y contras de cada solución. Este papel ha sido asumido naturalmente en algunas instancias por los propios docentes.

Una vez concluida esa etapa debe profundizarse en el plan de trabajo del equipo. Se divide el trabajo en los diversos aspectos (diseño electrónico, diseño mecánico, interfaces, consultas a proveedores, etc.), profundizándose en esta etapa el papel que cumple el coordinador del equipo 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. Es de resaltar que 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 de la solución los alumnos una y otra vez experimentan que su prototipo exhibe problemas de funcionamiento no previstos. Estas son instancias formativas muy ricas que son encaradas por los docentes con sumo cuidado. Los docentes actúan como interlocutores atentos pero en ninguna circunstancia les resuelven el problema. Son frecuentes las preguntas siguientes:

¿por qué les parece que no funciona correctamente?

¿qué hipótesis implícita o explícita en el diseño original no se está cumpliendo?

¿qué magnitudes son de interés en el diagnóstico del problema? ¿las midieron?

Este proceso es muy rico ya que los alumnos 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 descritos hasta aquí parten de dos fuentes independientes: la experiencia profesional y docente de los impulsores de la iniciativa y la experiencia de la P.U.C. de Lima [3]. A su vez, están completamente en línea con referencias reconocidas en métodos educacionales para ingenieros [2].

Los alumnos viven en carne propia la diferencia profunda entre la realidad y el modelo simplificado que pretende representarla. En la edición 2003 se dio la interesante circunstancia de que uno de los diseños presentados era más eficaz en su formulación teórica y el otro en la realidad, como resultado de las imperfecciones constructivas de las esferas de acrílico utilizadas [4].

Los docentes tienen cuidado de no desperdiciar estas experiencias dándoles la solución a cada problema. En aquellos problemas de índole mecánico los docentes y los funcionarios del taller del IIE intervinieron más directamente ya que no es el foco temático de la carrera y es donde los alumnos tienen mayores carencias e inexperiencia. La participación de los funcionarios de taller del IIE en la actividad se valoró como muy positiva y se incorpora para las siguientes ediciones.

Particular atención merece el funcionamiento del equipo.

La experiencia del 2002 no presentó desafíos en este sentido ya que el grupo era de cuatro integrantes, tres de los cuales se conocían estrechamente. En 2003 se formaron dos grupos de 6 alumnos escogidos por sorteo. Uno de los grupos tuvo un buen desempeño mientras el otro presentó algunos problemas de relacionamiento y coordinación. Los docentes realizaron un análisis de este aspecto, del que no es ajena la falta de experiencia de los docentes en actividades curriculares de ésta índole. A partir del análisis de la experiencia, los docentes introdujeron la necesidad de realizar dos presentaciones parciales en las cuales los alumnos deben realizar una autoevaluación de su funcionamiento individual y grupal.

La autoevaluación tiene por objeto que los alumnos 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. A su vez, esto constituye una novedad hoy en la carrera, en el sentido de desarrollar una habilidad que es necesaria para profesionales que lideran o integran un equipo de trabajo.

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. Se les plantea el problema original de ese semestre, el cual les parece a primera vista inalcanzable en las condiciones planteadas y en seguida se los invita a asistir a la solución que compañeros como ellos le encontraron.

#### **4. Algunos de los problemas propuestos**

Para dar una idea un poco más clara del tipo de problemas que se proponen, se transcriben a continuación los problemas de las ediciones 2003 y 2004. Se sugiere también visitar <http://ie.fing.edu.uy/ense/assign/tapro/>

##### Taller de Proyecto año 2003.

Cada grupo 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 una luz choppeada a una frecuencia conocida o por otro mecanismo acordado con el cuerpo docente.

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:

Los móviles de los grupos podrán ser posicionados juntos en el recinto y competirán para ver quien hace el primer gol.

Cada equipo tendrá como máximo 2500 pesos para realizar el proyecto.  
Plazo máximo de entrega: Diciembre de 2003.

En una primera etapa, cada equipo deberá diseñar el móvil teniendo en cuenta los objetivos y restricciones planteadas antes. Para eso deberá registrar 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 ( al menos una cada 6 semanas).

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. Si se presentan dos patentes con los cuatro puntos similares, la que hubiere sido entregada última deberá reformularse.

Cada grupo deberá designar un líder, un tesorero y un miembro del equipo interfaz encargado de ponerse de acuerdo en torno al arco y de construirlo.

La figura 1 incluye una foto de una de las soluciones presentadas.

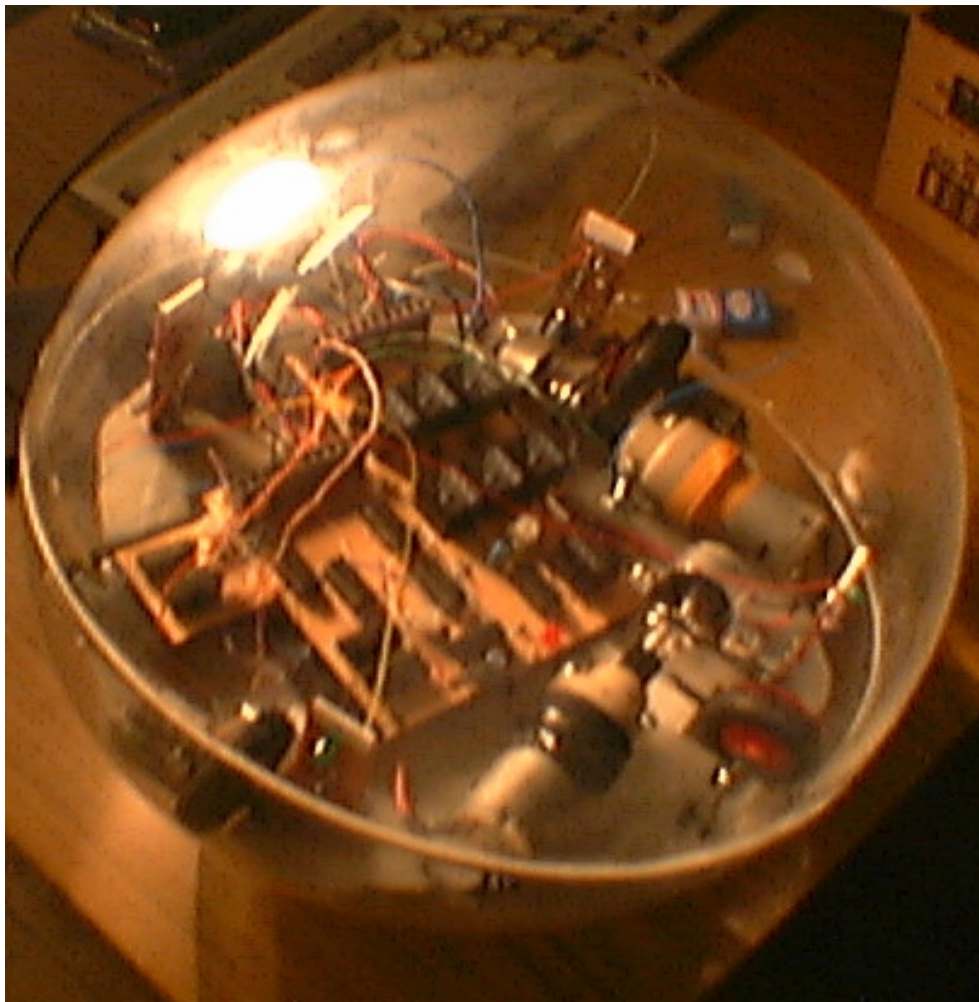


Figura 1: “La bola”, una solución al problema del año 2003.



## Taller de Proyecto 2004: El beso a la princesa

En un recinto se dispone de una cuerda que pende del techo para cada grupo. Cada una está apoyada en dos puntos, de tal forma que el punto medio, extendido hacia abajo por un peso, se mueve en un plano vertical y dista entre 1.5 y 2 metros del techo.

Equidistante de las cuerdas y a una altura a acordar está la princesa, un objeto liviano apenas apoyado en una superficie plana, accesible desde los flancos.

El problema es construir un móvil autónomo, apoyado únicamente en su respectiva cuerda, que sea capaz de acercarse controladamente a la princesa y darle un beso, es decir: tocarla suavemente sin tirarla. Después de hacerlo, deberá detenerse.

Los móviles partirán del reposo y deberán satisfacer algunas restricciones:

1. Su proyección sobre el plano horizontal en todo momento debe caber en un disco de diámetro 30 cm.
2. Podrá suministrársele energía externamente, pero sin mediar contacto directo alguno.
3. El punto del móvil que hace contacto con la princesa debe ser rígidamente solidario al punto de amarre del mismo a la cuerda.
4. La competencia será ganada por quien bese más veces a la princesa en un total de 5 instancias. Cada instancia concluye cuando el primer móvil besa a la princesa. Tirar a la princesa será considerado como un punto a favor de los adversarios.
5. No podrán ser usados microcontroladores.
6. Presupuesto total (incluido gastos comunes): \$ 2500 por grupo.
7. Plazo máximo de entrega: jueves 24 de febrero 2005.

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

1. Descripción de sistema de movimiento.
2. Descripción del control del movimiento.
3. Descripción del sistema de detección del contacto con la princesa.
4. Estimación de costos
5. Cronograma tentativo con presentaciones parciales ( al menos una cada 6 semanas).
6. Descripción en los puntos 1, 2 y 3 de los diseños alternativos y fundamentación de la solución propuesta.

Para esta etapa tendrán un plazo mínimo de 1 semana y máximo de 4 semanas. No se admitirán dos patentes que sean similares en los puntos 1 a 3; al menos en dos aspectos deberán ser sustancialmente diferentes. Si se presentan dos patentes similares, la que hubiere sido entregada última deberá reformularse.

Cada grupo deberá designar un líder, un tesorero y un miembro del equipo interfaz encargado de ponerse de acuerdo en torno al equipamiento común.

Estará disponible una mesa de trabajo en el Instituto para cada grupo.

Una vez por semana en horario a acordar podrán consultar con los docentes.

En cada una de las entregas parciales se hará un informe oral, con control de asistencia, el que será acompañado por una autoevaluación del grupo de acuerdo a pautas que se darán a conocer.



Figura 2: “El Kamikaze”, una solución al problema “El beso de la princesa”, año 2004. (la fecha que aparece en la foto no es correcta)

## 5. Balance de la experiencia y conclusiones

En el año 2002 se realizó una experiencia piloto con un grupo de 4 estudiantes. La experiencia tanto desde la evaluación docente como la de los estudiantes fue muy positiva en el sentido de los objetivos que se propuso lograr. Llamó la atención que sólo se inscribieran 4 estudiantes para una asignatura de esta naturaleza. Al discutir con los estudiantes sobre esto se percibió que la razón principal no era la novedad de la asignatura sino el hecho de que los docentes imponían los grupos de trabajo, rompiendo los grupos a los que ellos están acostumbrados. Se valoró por parte del cuerpo docente que debíamos mantener esa política a fin de acercar la experiencia a lo que sería la realidad laboral futura, donde deberán trabajar con grupos humanos no seleccionados por ellos.

En el año 2003 se realizó una experiencia un poco más ambiciosa, se ajustaron algunos aspectos de la asignatura y se propuso una segunda instancia del Taller de Proyecto con dos grupos de 6 estudiantes que debieron competir por hallar la mejor solución al problema planteado. Los docentes de la asignatura en 2002 y 2003 fueron los Prof. Ag. Pablo Belzarena y Alvaro Giusto. En 2004 se incorporó al equipo el ayudante Pablo Senatore.

La referencia [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 incluido en <http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/tapro/> describe muchos aspectos sustantivos de la actividad de manera mucho más elocuente que la que está contenida en estas líneas. Recomendamos enfáticamente al lector que dedique unos minutos a mirar la documentación por sí mismo.

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

El proyecto CSE mencionado anteriormente se desarrolló desde noviembre 2004 a mayo 2006. En este marco se contrató al ayudante Pablo Castro y se hicieron las inversiones necesarias para contar con un espacio físico apropiado. La sala de aproximadamente 20m<sup>2</sup> cuenta ahora con 5 mesas de trabajo y con una instalación eléctrica y lumínica de acuerdo a las necesidades. El proyecto también permitió solventar los gastos de la edición 2005.

Un aspecto que merece ser destacado es el siguiente. Si bien la asignatura persigue los objetivos que se han mencionado, posee algunas características muy interesantes en el contexto de masividad y adversa relación docente/estudiante actual. Es posible alcanzar objetivos importantes desde el punto de vista formativo 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 alumnos, 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 en el curriculum de la carrera, originó que el interés por la asignatura decayera en la versión 2005, que fue llevada a cabo 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.

Otros aspectos significativos que hacen al resultado de una edición de la asignatura se mencionan a continuación. 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 para el alumno. Más allá de la carga horaria de alguna de las ediciones, la motivación de los alumnos fue adecuadamente lograda en todas las ediciones, con la excepción del caso 2005 en que este aspecto resultó un problema en sí mismo y un obstáculo para llegar a los objetivos de la asignatura.

Dado que en la edición 2006 los aspirantes fueron otras vez demasiado pocos y no habilitaban la formación de más de un grupo, se decidió no realizar la actividad en esa instancia.

### Próximos pasos

Actualmente se está discutiendo el papel de las actividades de proyecto a lo largo de la carrera, quizá de la mano de la reformulación de la asignatura Proyecto de Fin de Carrera, nada menos. A la luz de esa reformulación general de este tipo de actividades, puede resultar un espacio curricular más estable para la asignatura, que asegure no sólo la consecución de sus objetivos para un porcentaje más alto de egresados (porqué no la totalidad?) sino además la garantía de contar con una matrícula que facilite la consecución de los mismos.

### **Agradecimientos**

Queremos manifestar nuestro agradecimiento para todos quienes han colaborado para que esta experiencia haya sido posible. Debemos mencionar a los Profesores Heraud y González de la PUC de Lima, 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] Puede consultarse <http://iie.fing.edu.uy/ense/> por información institucional y sobre la carrera de Ingeniería Eléctrica
- [2] Teaching Engineering, P.C. Wankat, F.S. Oreowicz, McGraw Hill, 1993. ISBN 0-07-068154-6
- [3] Proyecto Electrónico 1 y 2, Ingeniería Electrónica, Pontificia Universidad Católica del Perú, <http://alek.pucp.edu.pe/Areas/Aelectronica/iee220/index.html>: sitio temporal
- [4] <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/tapro/>. Programa de la asignatura, experiencias 2002 a 2005.