

TRANSFORMANDO UN CURSO DE FÍSICA TRADICIONAL EN UN ESPACIO DE APRENDIZAJE CONTEXTUALIZADO EN INGENIERÍA Y CENTRADO EN EL ESTUDIANTE

Sebastián Hernán Urrutia Hohmann, Universidad Austral de Chile, surrutia@uach.cl
Óscar Pilichi Cerón, Universidad Austral de Chile, oscar.pilichi@uach.cl

RESUMEN

Se describe la transformación de las clases tradicionales de una unidad del curso “Electromagnetismo para Ingeniería” de cuarto semestre. Las clases expositivas tradicionales fueron reemplazadas por un trabajo de proyecto parcialmente estructurado e inspirado en la técnica didáctica Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para motivar a los estudiantes a comprometerse con su aprendizaje en esta asignatura. Los cambios realizados se ajustan al modelo curricular por competencias de nuestra institución y convierten al estudiante en principal actor en su proceso de aprendizaje y al profesor en un facilitador de dicho proceso. Se detalla la estructura y la organización de la nueva forma de trabajo. Además describimos los nuevos roles de estudiante y profesor, el desarrollo de las clases y el sistema de evaluación. Finalmente, analizamos el desempeño de los estudiantes discutiendo algunos indicadores como asistencia estudiantil, evaluaciones, observaciones directas y encuestas de percepción para terminar con las principales conclusiones en cuanto al comportamiento y rendimiento de los estudiantes.

PALABRAS CLAVES: Enseñanza de la física, Aprendizaje basado en problemas y proyectos, Educación en ingeniería, Espacio de aprendizaje

INTRODUCCIÓN

En el segundo semestre de 2015 se realizó un cambio metodológico en un curso de cuarto semestre “Física III – Electromagnetismo para Ingeniería” en el marco de un proyecto interno de innovación docente de la Universidad Austral de Chile (UACH) y que consistió en la incorporación de un trabajo de proyecto grupal de 6 semanas en reemplazo de las clases expositivas tradicionales. El curso en cuestión forma parte del plan común de física, química y matemática de siete carreras en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería (FCI). Estas carreras son: Ingeniería Civil Acústica, Ingeniería Civil Electrónica, Ingeniería Civil en Informática, Ingeniería Civil en Obras Civiles, Ingeniería Civil Mecánica, Ingeniería en Construcción e Ingeniería Naval.

La innovación docente realizada se puede interpretar como parte de un proceso de renovación de las prácticas docentes que se observa hace ya algunos años en la FCI y que se deriva del modelo educacional adoptado por la UACH, formalizado en un Decreto de Rectoría (271/05), y que establece una formación centrada en el estudiante con un aprendizaje y currículo basado en competencias (Jabif, 2007), con la finalidad de responder a las exigencias y demandas actuales a la educación.

Pero aun no teniendo en cuenta los procesos de innovación curricular, el equipo docente responsable de la asignatura consideró necesario un cambio por las razones que se exponen a continuación.

Primero hay que notar que en general, los conocimientos previos de nuestros estudiantes respecto a las temáticas electricidad y magnetismo son mínimos. Al ser física una asignatura opcional en tercero y cuarto medio, muchos se enfrentan con los contenidos por primera vez. Además, en varias carreras el curso no es un requisito para seguir avanzando en la malla curricular y si sumamos que un curso tradicional de electromagnetismo es altamente teórico con mucho énfasis en la descripción matemática en situaciones generales y abstractas, con poco tiempo para fenómenos y aplicaciones, se entiende que muchos estudiantes no vean la relevancia para su formación ni la conexión del curso con la ingeniería.

Como consecuencia de lo anterior, se ha sido una baja o al menos irregular asistencia a clases y estudiantes desmotivados que retrasan su aprobación de la asignatura, en casos extremos hasta el final del ciclo de licenciatura, lo que está muy lejos del ideal de una experiencia de aprendizaje significativa que facilita el desarrollo de las competencias del curso: resolver y modelar problemas, trabajo autónomo y en equipo y extracción de información y comunicación.

En ese contexto, el proyecto de innovación docente tuvo como objetivo principal aumentar el interés de los estudiantes por la asignatura y crear un escenario educativo acorde a una formación basada en competencias declaradas en el programa del curso. La nueva propuesta consiste en plantear a nuestros estudiantes un desafío de diseño de una instalación solar fotovoltaica, tarea que deberán desarrollar en la unidad durante seis semanas de clases y que se basa en aprendizaje colaborativo, la experiencia práctica y posiciona al profesor como facilitador del aprendizaje en vez de un expositor de contenidos.

Resaltamos que hasta antes de la innovación, la enseñanza se realizaba mayormente de manera tradicional con el profesor haciendo clases expositivas usando pizarra y PowerPoint y posteriormente los estudiantes resolviendo ejercicios de manera guiada en clases y de forma autónoma (no presencial). Estos ejercicios clásicos de final de capítulo de libros de física son en general ejercicios cerrados y no se asemejan a situaciones profesionales.

El diseño de esta innovación curricular está inspirado en Aprendizaje Basado Problemas/Proyectos (ABP). Gran parte del equipo docente ha sido capacitado en el marco del proyecto MECESUP en la incorporación de ABP y metodologías activas en el aula.

DESARROLLO

La innovación se desarrolla en la segunda unidad de la asignatura. Cada semana tiene 8 horas pedagógicas de clases presenciales. Los contenidos que se abordan son los asociados a circuitos eléctricos: corriente, resistencia, voltaje, potencia, conexiones en serie y paralelo, etc. El contexto de la actividad es resolver un problema de diseño de una instalación solar fotovoltaica que proveerá de energía eléctrica a un domicilio y de aquí en adelante le llamaremos simplemente “el proyecto solar”.

Tabla 1: Unidades del curso

Unidad 1: Clases tradicionales	Unidad 2: Proyecto	Unidad 3: Clases tradicionales
semana 1-6	semana 7-12	semana 13-16

Además de los contenidos tradicionales se debieron agregar otros que son necesarios para abordar el desafío y le dan autenticidad al problema, como por ejemplo irradiación, curva característica del panel fotovoltaico, dimensionamiento de consumo energético de una vivienda, componentes de un sistema fotovoltaico tales como regulador, batería, inversor, etc.

Se forman grupos de hasta cinco estudiantes. Cada grupo simula ser una empresa de instalaciones solares fotovoltaicas que deben dar respuesta al requerimiento energético de una joven pareja que tiene un requerimiento energético particular. Se motiva a los equipos a buscar una solución equilibrada en cuanto a costo-beneficio.

La estructura general del proyecto solar está marcada por tres tareas que deben resolver los estudiantes para ir avanzando en la solución final. Cada tarea tiene varios ítems con distinta puntuación. Al final de la unidad se promedian las notas de las tres tareas para la obtener la calificación de “informes de proyecto”.

Una tarea consiste en la confección de diversos productos para el aprendizaje que pueden ser, tablas comparativas, resolución de ejercicios, reportes de una actividad práctica, gráficos de relación entre variables, videos explicativos de funcionamiento del sistema, etc. Claramente esto diversifica los instrumentos de evaluación y ayuda a evidenciar de mejor forma los resultados de aprendizaje esperados. La unidad termina al final de la sexta semana con una prueba escrita individual, además de una auto y coevaluación mediante una cuestionario web anónimo.

Tabla 2 Estructura de la unidad de proyecto

Unidad 2	Semana 1 y 2	Tarea 1 – Conceptos básicos de corriente eléctrica y circuitos eléctricos.
	Semana 3	Tarea 2 – Funcionamiento general de instalaciones solares fotovoltaicas.
	Semana 4 y 5	Tarea 3 – Diseño de una solución al requerimiento energético.
	Semana 6	Reestudio, retroalimentación y ejercitación para la prueba escrita individual.

En la primera clase de la unidad, a los estudiantes ya organizados en grupos, se les entrega una carpeta con gran cantidad de información. El profesor garantiza el acceso a gran cantidad de recursos de aprendizaje que han sido seleccionados o bien creados específicamente para este proyecto. (Ver figura 1)



Figura 1: Recursos de aprendizaje

A continuación se detallan los documentos más importantes:

Problema desafío: Es el eje principal de la actividad, presenta el problema al que se debe dar solución: Requerimiento energético de una joven pareja.

Contrato: El contrato de aprendizaje es básicamente un acuerdo formalizado entre estudiante y profesor idea que se deriva del trabajo de Przesmycki (2000). En él se plantean los compromisos que deberán adquirir los estudiantes como asistencia, participación activa en las actividades, trabajo en equipo y autónomo, etc. También se deja explícito el compromiso del profesor en cuanto a apoyar el trabajo del grupo dando consejos y sugerencias en pro de la resolución de las tareas, diseñar actividades educativas para asimilar y aplicar lo aprendido y por último corregir y retroalimentar oportunamente las tareas. Opcionalmente los estudiantes se pueden comprometer a venir en un horario fuera del establecido.

Listado de componentes disponibles en el mercado: Documento creado por los docentes que contiene una lista de componentes de una instalación solar fotovoltaica, sus características técnicas y sus precios de mercado.

Recursos Web: Páginas web en donde se puede apreciar la radiación solar en una localidad específica, separada por cada mes del año.

Simulaciones PHET: Simulaciones en java/html5 para visualizar de manera lúdica fenómenos físicos.

Equipos de laboratorio: Los fondos del proyecto de innovación fueron invertidos íntegramente en componentes de un sistema fotovoltaico para la experimentación directa.

Se combinan entonces recursos para crear las distintas actividades que semana a semana deben abordar los grupos de trabajo buscando movilizar distintos tipos de conocimientos, actitudes y valores y que apuntan a desarrollar competencias disciplinares y genéricas que corresponden a las de la sociedad del conocimiento y que son para toda la vida (Kolmos, 2004).

El eje del proyecto solar es el “*problema desafío*”, relato que cuenta la necesidad de una joven pareja que hereda una parcela a las afuera de la ciudad, un lugar alejado hacia la costa valdiviana. En el lugar aún no hay electrificación ni agua potable. Esta pareja después de analizar la situación considera que la mejor opción es generar energía de forma autónoma y deciden contratar los servicios de una empresa local para que satisfaga su particular requerimiento: energía eléctrica a partir de un sistema fotovoltaico. Ellos cuentan con un pequeño ahorro de un millón de pesos y pueden pedir otro millón mediante crédito si fuese necesario.

En la primera tarea estudiantes y profesor identifican las necesidades de aprendizaje y una serie de pasos necesarios para llegar a una solución del problema. Estos son la adquisición de conocimientos básicos sobre electricidad y circuitos eléctricos (corriente eléctrica, resistencia eléctrica, voltaje, conexión en serie/paralelo, etc.).

Las tareas dos y tres apoyan el aprendizaje del funcionamiento general de un sistema fotovoltaico y sus componentes (paneles solares, baterías, regulador de carga, inversor) y la realización de una serie de cálculos matemáticos para elegir los componentes adecuados según los requerimientos del cliente.

En cada documento que acompaña a una actividad específica se declara lo que se espera del estudiante (tabla 4) por lo que el estudiante sabe siempre lo que se evaluará.

El aprendizaje tiene lugar en la sala de clases, que en nuestro caso es un amplio laboratorio en que se han dispuesto mesones de trabajo con dos computadores conectados a la red, una zona central donde están disponible una serie de elementos tales como paneles fotovoltaicos, reguladores, baterías, inversores, etc.

Es aquí donde se desarrolla todo el proceso enseñanza-aprendizaje en base experiencias de diseño e implementación, un aprendizaje activo, colaborativo en un contexto de generación de energía eléctrica, observando directamente los usos de esta energía prendiendo ampolletas, usando bombas de agua, etc. dando sentido de realidad al trabajo y aumentando la motivación de los participantes.

Proceso de evaluación y retroalimentación

Las tareas: son entregadas por el profesor al comienzo de cada semana, a la vez se les envía, a través de la plataforma web oficial, las guías de las actividades prácticas y de estudio. Los estudiantes reciben regularmente retroalimentación en sala sobre sus avances a medida que se desarrolla el proyecto y van internalizando lo aprendido y dando respuesta a las tareas que ponderan el 40% de la nota de la unidad. Las tareas en sí son una combinación de varios productos para el aprendizaje: Preguntas conceptuales y relacionadas con actividades prácticas, indagaciones, confección de vídeos explicativos, diseño de afiches, etc. Todo esto es presentado en un informe por tarea.

Auto y Coevaluación: le corresponde 10% de la nota de la unidad. Los estudiantes deben responder de forma anónima un cuestionario para evaluar la participación en el trabajo grupal de sus compañeros grupo y de sí mismos. Para este efecto se ha dispuesto una plataforma informática especialmente diseñada, facilitando la labor del docente.

Prueba escrita individual: La prueba escrita pondera el 50% de la nota de la unidad. Para preparar la prueba, en la última semana los estudiantes repasan mediante guías de ejercicios el proyecto, cálculos de circuitos y de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos. El profesor contesta consultas, se conversa sobre las soluciones alcanzadas por los grupos y se corrigen errores comunes que se ha presentado en los informes.

Tabla 3: Actividades y aprendizajes esperados

Actividad		Se espera que el estudiante sea capaz de:
Tarea1	Lab. 1	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer las condiciones mínimas de seguridad. - Conocer un condensador: uso y conexión. - Comprender la función e importancia de un fusible. - Evitar las malas prácticas.
	Lab. 2	<ul style="list-style-type: none"> - Armar circuito eléctrico simple de corriente continua. - Medir corriente (I) y voltaje (V) usando un multitester. - Describir e interpretar gráficas I vs V.
	Lab. 3	<ul style="list-style-type: none"> - Medir resistencias con el multitester. - Armar un circuito eléctrico de corriente continua con resistencias en serie y en paralelo. - Determinar la potencia disipada en resistencias y la potencia entregada por la fuente. - Apreciar el significado del efecto Joule y usar una termocupla para determinar la temperatura en un resistor.
Guía de estudio 1 y 2		<ul style="list-style-type: none"> - Resolver problemas relacionados con circuitos eléctricos y sistemas fotovoltaicos
Tarea 2	Lab. 4	<ul style="list-style-type: none"> - Explicar el funcionamiento de un reóstato - Graficar las curvas características del panel solar y la fuente de poder. Identificar parámetros asociados. - Armar un circuito con paneles en serie y en paralelo conectados a una carga resistiva.
Tarea 3	Lab. 5	<ul style="list-style-type: none"> - Conectar los elementos que componen un sistema fotovoltaico "off grid" simple. - Determinar la potencia disipada en las cargas y la potencia entregada por la fuente. - Aplicar un sistema a una bomba de agua, ampollas, etc.

RESULTADOS

El contrato que fue firmado por la totalidad de los grupos al inicio del proyecto ayudó a definir los compromisos generales de los estudiantes precisando lo que se esperaba de ellos y también a establecer el rol del profesor. Esta herramienta ayudó a encauzar el trabajo autónomo y grupal, por un lado estableciendo un itinerario de aprendizaje, y por otro lado dejando claro los horarios de disponibilidad de todos los integrantes del equipo.

Se destaca que casi la totalidad de los estudiantes al ver los horarios de disponibilidad del laboratorio (fuera del horario de clases) adoptaran voluntariamente horarios adicionales para hacer uso de este espacio para estudiar, finalizar las tareas, o re-hacer algún experimento. Esto no mermó la asistencia a clases. En líneas generales, la asistencia de los estudiantes a la unidad fue satisfactoria. En los cursos tradicionales usualmente la asistencia está en el rango 50%-70%. En unidad innovada se apreciaron porcentajes de asistencia en el rango 70%-90%. Este punto no debe ser desestimado porque la asistencia, si bien fue controlada, no fue obligatoria para ninguna actividad lo que claramente presentó un riesgo.

Además se observó la asistencia regular de determinados estudiantes al proyecto, que no habían asistido anteriormente a las clases.

La totalidad de los grupos realizó las tareas asignadas. Durante el desarrollo de las clases los grupos hicieron frecuentemente preguntas con respecto a trabajos experimentales, preguntas respecto al contenido físico y las tareas asignadas.

Era de esperarse que la innovación docente presentada en este artículo tenga un impacto en los rendimientos académicos. A continuación, en la tabla 4, se muestran las tasas de aprobación del semestre de la innovación y algunos semestres anteriores:

Tabla 4: Tasas de aprobación

Periodo	1. semestre 2014	2. semestre 2014	1. semestre 2015	2. semestre 2015
% aprobación	67	71	87	86

Para interpretar los datos es importante considerar que el primer semestre de 2015 se produjo un paro estudiantil de más de un mes y que coincide con una tasa de aprobación inusualmente alta de 87%. Hasta antes de la innovación las tasas eran cercanas al 70%.

Al final de la unidad se realizó una encuesta de percepción estudiantil (ver figura 2). El cuestionario fue contestado por el 49% de los estudiantes.

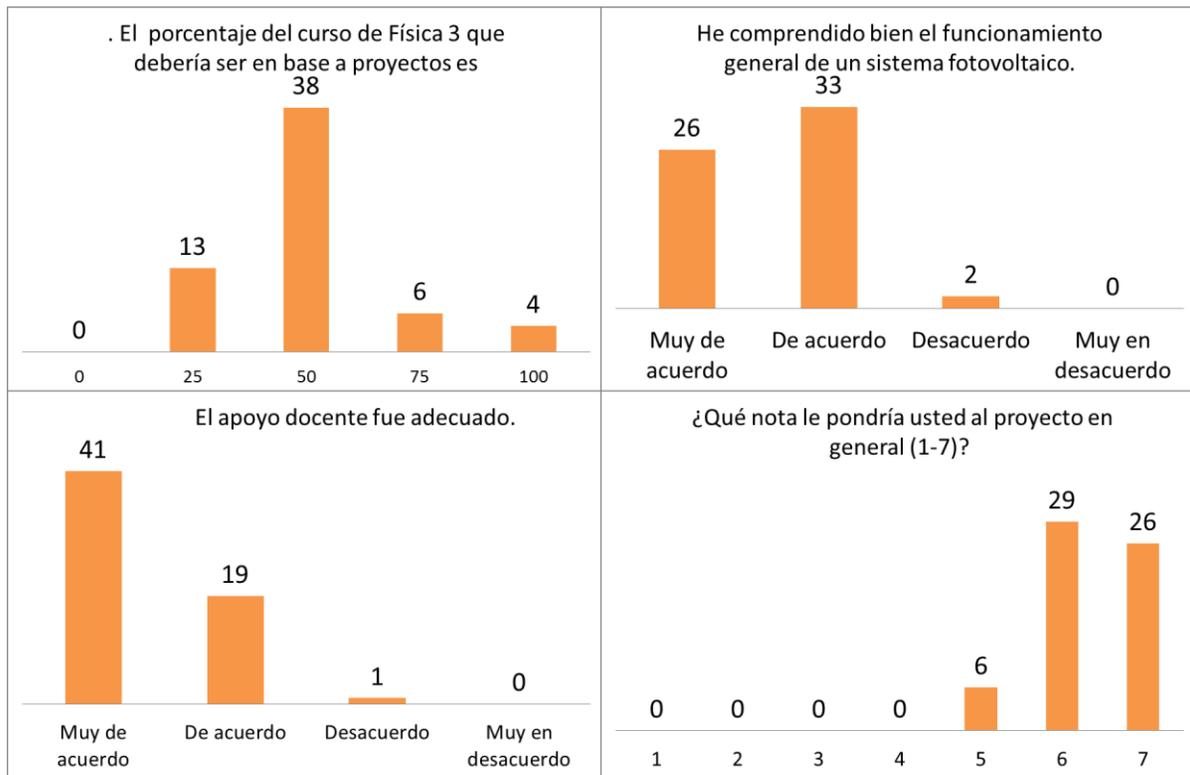


Figura 2: Encuesta de percepción estudiantil

Comentarios de algunos estudiantes de física 3 sobre el proyecto:

- "Quizá no hubiera sido malo una clase de explicación de lo más básico de electricidad (voltaje, corriente, resistencia, etc.) para llegar ambientados al trabajo. Estuvo bien organizada en general la actividad y siento que si hubo problemas en entender o asimilar los contenidos son por la falta de costumbre de los alumnos de trabajar de este modo (yo al menos estoy acostumbrado a ser un ente pasivo que escucha, copia y repite; disfruté el hacer y aprender a la vez). Vi también lo típico de los trabajos en grupo que o hay alumnos menos interesados o hay algunos que quieren hacerlo todo solo, no sé si hacer grupos de menos personas quizá sea la solución. (Por mejorar: Se requieren más recursos para tener más estaciones de trabajo)
- "la actividad fue muy llamativa, por el hecho de que se tenían todos los materiales para poder aprender practicando, lo cual creo que a mi parecer nos motivó más, también eso significó que aprendiéramos por nuestra cuenta y le preguntáramos al profesor solo nuestras dudas para aclararlas, fue algo así como autodidacta. también encontré que el tiempo dedicado al proyecto (1 mes más o menos) fue demasiado, pero creo que se debe al trabajo ""autodidacta"". si la materia nos la hubiesen enseñado los profesores hubiese sido menor el tiempo, pero hubiese sido aburrido y poco motivador. otro tema

fue el de los informes que había que ir haciendo semanalmente, creo que el tiempo para hacerlos era muy poco, tomando en cuenta los otros ramos que tenemos este semestre, se nos hizo muy difícil coordinarnos y poder organizar el tiempo para poder hacerlos correctamente."

- Creo que estuvo buena la actividad aun así yo hubiera puesto un énfasis en el funcionamiento y rendimiento ejemplo cuanto costaba nuestro proyecto y cuanto producía, esa optimización de la empresa, creo que no fue tomada mucho en cuenta.
- Fue una muy buena experiencia el poder aprender de manera práctica la instalación solar fotovoltaica. Cabe destacar que el proyecto fue completo en cuanto a los objetivos del curso. Cabe felicitar a los Docentes por la iniciativa.

CONCLUSIONES

La innovación docente significó, desde el punto de vista del estudiante, un brusco cambio metodológico en la mitad del curso. Las clases expositivas en donde el profesor entrega explícitamente los contenidos contrastan fuertemente con un trabajo grupal en donde los estudiantes por iniciativa propia tienen que adueñarse de los conocimientos. Por lo anterior, el equipo de profesores esperaba un cierto grado de descontento, frustración y resistencia durante el desarrollo del proyecto. En la práctica se notó disconformidad abierta solamente en uno de los 25 grupos de trabajo, en donde los integrantes manifestaron que "les faltaba la teoría", pero después de un par de conversaciones de apoyo con el profesor fueron capaces comprender y asumir su rol protagónico en este nuevo enfoque metodológico pudiendo así resolver el problema y además obtener un rendimiento destacado en la prueba final. A modo de síntesis, listamos algunas conclusiones:

- Los grupos de estudiantes fueron capaces de adquirir y utilizar conocimiento en la confección de las tareas y finalmente proponer un diseño simple de la instalación solar fotovoltaica haciendo uso de física elemental y parámetros técnicos de las componentes de un sistema fotovoltaico.
- El trabajo en un problema "real" como lo fue el diseño de una instalación fotovoltaica" en la asignatura permitió aumentar la motivación de los estudiantes, manteniendo el interés a lo largo de todo el desarrollo de la unidad, logrando que el proceso de enseñanza sea en un entorno colaborativo y cercano a la realidad.
- La innovación permitió el aumento del porcentaje de aprobación respecto a los años anteriores.
- La implementación de un proyecto de innovación de estas características requiere el apoyo económico, administrativo y la voluntad de los docentes de la asignatura para enfrentar nuevos retos, ya sea para la creación y/o selección de recursos de aprendizaje, adquisición de conocimientos técnicos o relacionarse de un modo diferente con los estudiantes y por ende salir de la zona de confort.

- Con la modalidad de trabajo centrada en el estudiante que se incorporó en la unidad de proyecto se fortalecen las conexiones entre teoría y práctica y en contraste con el método tradicional, es posible observar de manera más directa los desempeños y resultados de aprendizaje de los estudiantes, brindar retroalimentación y lograr un aprendizaje significativo.
- La innovación favorece las relaciones interpersonales entre estudiantes de distintas carreras y el desarrollo de habilidades sociales fundamentales para el desarrollo profesional de un futuro ingeniero.

Finalmente, consideramos que el acceso fácil a instrumentos de laboratorio, computadores conectados a la red, plataforma informática para la auto-coevaluación, simuladores virtuales, acceso a libros en sala, disponibilidad de profesores y ayudantes sumados al trabajo en un desafío convierten a este proyecto en un buen *espacio de aprendizaje* para poder facilitar un trabajo entre pares y el desarrollo de competencias. Porque cómo dice Farías (2010), “La formación por competencias requiere el seguimiento y evaluación del proceso de aprendizaje y logro, así como la observación sobre el desempeño para poder dar una retroalimentación adecuada. Los espacios tradicionales de aprendizaje, como el salón de clases convencional, con el profesor sobre una tarima al frente del grupo y los bancos o escritorios usualmente clavados en el piso, no recrean las condiciones necesarias para negociar, resolver conflictos, y sobre todo, colaborar.”

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Departamento de Aseguramiento de la Calidad e Innovación Curricular (DACIC) de la UACH por los fondos otorgados, a todas las escuelas y al equipo de Decanatura de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería que apoyaron la realización de este proyecto.

Agradecemos también a la coordinadora de bachillerato, Lorena Díaz, por su gestión en los horarios y sala para los grupos.

Un saludo especial al Dr. Jorge Maturana por facilitarnos el acceso a la plataforma informática para el procesamiento de la auto- y coevaluación.

Finalmente, agradecemos a los colegas Mario González y Sebastián Acevedo por todos los aportes en la implementación de este proyecto.

REFERENCIAS

Farías Martínez, G. (2010) Espacios de aprendizaje en educación superior: de la profesionalización a la innovación para la transformación social, Revista Apertura, N° 13.

Jabif, L. (2007). La Docencia Universitaria bajo un enfoque de Competencias, Imprenta Austral, Universidad Austral de Chile.

Kolmos A. (2004) Estrategias para desarrollar currículos basados en la formulación de problemas y organizados en base a proyectos, Educar n°33, pag 77-96.

Przesmycki, H. (2000) La pedagogía de contrato: el contrato didáctico en la educación, Graó, Barcelona, (versión original francesa, 1994).