

IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN INNOVACIÓN DE BASE CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA

Mario Letelier S.
Centro de Investigación en Creatividad y Educación Superior
Universidad de Santiago de Chile
mario.letelier@usach.cl

Amaru González A.
Centro de Investigación en Creatividad y Educación Superior
Universidad de Santiago de Chile
amaru.gonz@gmail.com

RESUMEN

En el presente artículo se reportan los avances a la fecha en la implementación de un Laboratorio de Investigación en Innovación de Base Científico-Tecnológica en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Santiago de Chile. En este laboratorio se busca investigar los procesos de aprendizaje teórico-práctico que facilitan el desarrollo efectivo de habilidades creativo-innovativas de los estudiantes. Se presentan los resultados de una convocatoria a los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil en Mecánica, con un nivel de estudio mínimo requerido, cuyo objetivo fue analizar las capacidades para proponer soluciones innovativas a problemas reales de ingeniería, aplicando los contenidos aprendidos a lo largo de su carrera, particularmente de Matemática, Física, y Ciencias de la Ingeniería. Adicionalmente se incluyen resultados complementarios asociados a la asignatura de Mecánica de Fluidos del mismo departamento.

PALABRAS CLAVES: Laboratorio, Investigación, Innovación, Científico – Tecnológica.

INTRODUCCIÓN

En la formación profesional actual de los ingenieros civiles, se supone que en general la vida profesional parte a los 24 años en forma plena. Las Universidades entregan formación científica básica duradera, que se espera apoye una vida profesional de 40 a 50 años, y cierta formación profesional que, necesariamente, es reflejo del estado actual del ejercicio profesional.

Los países industrializados de mayor desarrollo se caracterizan por producir bienes y servicios con alto valor agregado, cualidad que los hace en mayor medida inmune a las fluctuaciones de los mercados. Por valor agregado debe entenderse que el precio de un producto o servicio, en un alto porcentaje, proviene de la inteligencia que aportan estos. Esa inteligencia típicamente se expresa en las funciones o propiedades que tienen los bienes.

Para que Chile pueda aspirar a un desarrollo sostenido, que aporte progresivamente los recursos para superar la pobreza, los déficits en salud y educación, y para lograr un deseable estándar de vida general, es necesario avanzar tan rápido como se pueda hacia una producción basada en mayor conocimiento científico y tecnológico que aumente su valor comercial, que asegure una relativa vigencia en el tiempo, y que disminuya el riesgo de una competencia externa indeseada. (Instituto de Ingenieros de Chile, 2014)

El Laboratorio de Investigación en Innovación de Base Científico-Tecnológica del Departamento de Ingeniería Mecánica – LIBAC tiene por objeto generar una instancia en que

alumnos, profesores y otras personas puedan interactuar con el propósito de desarrollar habilidades creativo-innovativas basadas en un enfoque que busca fortalecer la comprensión y búsqueda en profundidad de conocimiento, en función del abordaje de problemas de relevancia profesional demandantes de creatividad.

La hipótesis de este trabajo es el supuesto que los alumnos tienen fortalezas en la amplitud de su formación científica, pero también debilidades en su capacidad para aplicarla a problemas reales. Interesa también verificar si tienen una base científica de suficiente profundidad y detectar cuáles son las dificultades que los afectan para aplicar los conocimientos obtenidos en problemas nuevos con desafíos científico-tecnológico.

En una perspectiva complementaria, se busca consolidar la responsabilidad profesional que, entre otras cosas, debe hacer suya la permanente tarea de aprovechar mejor los recursos, aumentar la seguridad de las personas, hacer sostenible la economía nacional y global, y contribuir a superar los problemas sociales que la Ingeniería puede participar.

El LIBAC surgió como un aporte a las actividades del Departamento de Ingeniería Mecánica y de la Facultad de Ingeniería a la iniciativa CORFO “Nueva Ingeniería para el 2030”, en la cual la USACH participa en asociación con las Universidades de Concepción, y Católica de Valparaíso (SYN-Iniciativa Ingeniería 2030, 2013; National Science Foundation, 2007). Para este trabajo se han tenido, complementariamente, presentes las condiciones de entorno según han sido analizadas anteriormente por el autor senior y colaboradores (Letelier y Sandoval, 2013; Oliva et al., 2012; Letelier, 2014).

ACTIVIDADES DESARROLLADAS

El LIBAC se implementó al inicio de 2015 con los aportes del Departamento de Ingeniería Mecánica y de la Vicerrectoría Académica, a través de un Proyecto de Innovación Docente. Las actividades realizadas a la fecha incluyen el diseño y la aplicación de un test de conocimientos básicos, una convocatoria para la realización de proyectos de innovación, y el abordaje de un problema específico de ingeniería con soluciones innovativas. Para empezar este trabajo se hizo una convocatoria a los estudiantes de Ingeniería Civil en Mecánica, donde luego de elegir los temas a desarrollar a lo largo de un semestre, tuvieron que firmar un contrato simple, que señala varios puntos como: periodo a trabajar, asignación de becas por un monto específico y por último un compromiso de otorgarles un certificado que acredita la realización de este trabajo innovativo. Finalmente el abordaje de un problema específico de ingeniería fue parte del curso de Mecánica de Fluidos que se imparte en el 7 semestre.

Test de Conocimientos Básicos

Este Test fue aplicado a tres grupos de estudiantes. El primer grupo corresponde a los 5 alumnos que participaron en la primera convocatoria. El segundo y tercer grupo fueron 18 y 21 estudiantes, respectivamente del curso de Mecánica de Fluidos, impartida por el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Santiago de Chile. Se eligieron ramos fundamentales de las ciencias de ingeniería para desarrollar esta prueba. Los contenidos elegidos fueron: Cálculo (Derivadas e Integrales), Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDO), Vectores, Mecánica de cuerpo rígido, Termodinámica, Mecánica de Fluidos y Transferencia de Calor.

Este Test consta de una parte de aplicación y desarrollo donde los estudiantes tienen que resolver una cantidad de ejercicios dispuestos en esta prueba. La otra parte corresponde al reconocimiento de relaciones fundamentales de los contenidos mencionados anteriormente.

A continuación se presentan en forma resumida las materias consideradas en los contenidos.

Matemática

Los contenidos de matemática fueron divididos en Derivadas e Integración. En derivación se priorizó el manejo de la regla de la cadena y transformaciones algebraicas asociadas. En integración se enfatizó la técnica de sustitución de variables.

Ecuaciones Diferenciales Ordinarias

Se incluyeron problemas de resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias.

Vectores

Los contenidos evaluados fueron propiedades de los vectores y las operaciones de producto vectorial y escalar

Mecánica

Como se mencionó anteriormente en esta parte hay dos tipos de evaluaciones de conocimientos básicos. Primero los estudiantes tienen que identificar las relaciones fundamentales en Estática, Cinemática y Dinámica, y luego desarrollar dos ejercicios de Estática y Dinámica respectivamente.

Termodinámica

Se evaluó la identificación de conceptos fundamentales tales como Primera y Segunda Ley, Ley de los Gases Ideales y Procesos Termodinámicos. Los ejercicios evaluados tienen como contenido los mismos mencionados anteriormente pero aplicados a identificar procesos y/o diagramas.

Mecánica de Fluidos

En esta parte del Test se evaluó la identificación de conceptos fundamentales tales como Continuidad, Fluidos Newtonianos, Flujo Laminar y Flujo externo. En la parte de ejercicios fueron evaluados los análisis de flujo en placas paralelas.

Transferencia de Calor

Como se mencionó anteriormente la metodología es la misma para esta materia y los contenidos principales fueron Conducción, Convección, Números Adimensionales y Leyes. Se incluyó como ejercicio un problema de conducción simple.

Proyectos de Innovación

Las etapas de este trabajo se pueden definir en tres: Elección, Seguimiento y Finalización. En la etapa de Elección, los alumnos tuvieron que presentar ideas propias para solucionar problemas de ingeniería en distintas áreas de la industria. Los que no tenían ideas claras se les proporcionó una batería de ideas, en las cuales ellos podían elegir. Se destaca en esta etapa la identificación de problemas reales de ingeniería y proponer una solución que se desataque sobre los demás, aplicando correctamente los fundamentos de su formación profesional.

Luego en la etapa de Seguimiento, se centró en el modelamiento científico de los problemas elegidos, etapa durante la cual los estudiantes tuvieron guía de los autores de este trabajo. Se les asignaron tareas simples para ir definiendo las ecuaciones correspondientes que definen el problema establecido. Al principio de esta etapa, se dio un enfoque mayor que a las anteriores debido a que establecer la definición de un problema supone una habilidad no tan bien desarrollado por los estudiantes. Ya una vez que está definido el problema se estableció que las siguientes tareas se realizarían sin ayuda de los encargados de este proyecto.

Y por último, la etapa de Finalización, se llevó a cabo una memoria simple de trabajo, donde los estudiantes tienen que elaborar un informe que debía contener todo el trabajo desarrollado en el semestre. A continuación se caracterizan brevemente los trabajos de innovación realizados.

Refrigeración de baterías auto solar

El auto solar de la Universidad de Santiago de Chile se encuentra periódicamente en estudio para mejorar su eficiencia. Actualmente existe un problema con la temperatura de trabajo de las baterías, que se encuentran permanentemente sobre la temperatura recomendada durante su utilización. Estas condiciones de trabajo son sumamente peligrosas tanto para el vehículo como para el conductor, debido a que a altas temperaturas se produce inflamación y posterior combustión de las baterías. El objetivo es diseñar un sistema de refrigeración capaz de regular correctamente la temperatura de trabajo del sistema de baterías del auto solar.

En el modelo se propone la incorporación de ductos de aire, que conecten el interior de la caja con el exterior del vehículo, de esta manera se transfiere calor por convección y se evacúa del sistema.

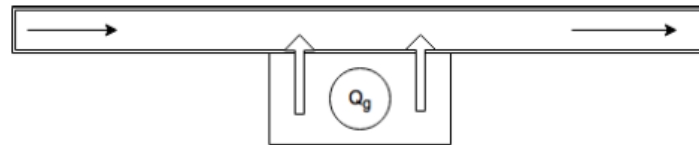


Figura 1: Modelo de Refrigeración

Dada la geometría de la caja y las baterías, que se encuentran confinadas entre dos placas de acrílico, el modelo se simplifica en un paralelepípedo con generación interna de calor, conectado a un ducto cuadrado por el cual fluye aire a menor temperatura. De esta forma el modelo de transferencia corresponde a convección sobre una placa plana, considerando adiabáticas las caras que no se encuentran expuestas, debido a que el material que las conforma es de gran aislación térmica y a la ubicación cerrada dentro del vehículo.

Dosificador de adhesivo

Este proyecto nació por la inquietud de desarrollar un dosificador de adhesivo para ser utilizado como una nueva alternativa de suministro en impresoras 3D, considerando otras alternativas de materiales plásticos con los cuales funcionan estas en la actualidad. Se trabajó con un fluido compuesto de acetato de polivinilo o PVA y aserrín con la finalidad de reducir los costos en el abastecimiento de este tipo de impresoras y con ello aumentar la seguridad y calidad de la dosificación del adhesivo.

Los objetivos son estudiar el comportamiento de un fluido constituido por acetato de polivinilo y aserrín bajo diferentes condiciones impuestas a éste. Y también Definir un sistema que permita medir ciertos parámetros característicos de un fluido no newtoniano y por medio de un modelo matemático establecer la viscosidad, límite de fluencia, entre otros aspectos de éste.

El modelo seleccionado permitirá describir el comportamiento del flujo a través de un ducto circular, al tratarse de una mezcla homogénea entre un fluido y un sólido. Se determinó que el modelo que mejor podría representar su comportamiento es el modelo de plástico de Bingham.

Este trabajo dio lugar en una memoria de título para optar al grado de Ingeniero Civil en Mecánica, y se contó con la colaboración de la Empresa Henkel, que facilitó productos y visitas en terreno para apoyar este trabajo.

Energía a través de la lluvia

El objetivo es lograr convertir la energía cinética presente en una gota de lluvia, en energía eléctrica. El sistema básicamente está constituido por una bobina, un resorte, un imán y un receptor de las gotas (Figura 2). La lluvia al impactar el receptor, que se encuentra unido al resorte y a su vez al imán, desplaza al imán a través de la bobina, generando así un campo eléctrico, donde el voltaje inducido se almacena en una batería, para el posterior uso de la energía acumulada.

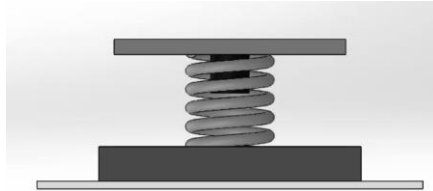


Figura 2: Vista frontal del sistema

Ducha eficiente de vapor

El objetivo de este proyecto es diseñar una ducha que utilice como máximo 10 litros de agua, y para esto se propone utilizar el agua solamente para enjuague, por lo cual la innovación será reemplazar el calor que es entregado por el agua, mediante aire.

Para que sea efectivo lo antes mencionado, hay que asegurar que el interior de la ducha este a una temperatura entre 25 y 35 °C, con una humedad relativa entre el 40 y el 60%, para asegurar el confort al bañarse.

Propuestas innovativas a un problema específico de ingeniería

En el segundo grupo de Mecánica de Fluidos (Primer Semestre 2016), aparte de la evaluación del Test de Conocimientos Básicos se incorporó una tarea a lo largo de este curso. El problema consiste en diseñar un sistema de ventilación que utilice energía solar y eólica en un recinto bajo una superficie de tierra. En este trabajo los estudiantes tienen que realizar un estudio del estado de arte de este problema y aplicar en especial conocimientos amplios de las propiedades de los fluidos en una perspectiva innovativa. Luego, se tienen que proponer dos soluciones genéricas pero justificadas, y por último elegir una de estas dos soluciones y desarrollarla.

RESULTADOS

A continuación se presentarán los resultados de todo este proyecto. Primero se mostrarán los resultados del Test de Conocimientos Básicos para los participantes del LIBAC y de los cursos de Mecánica de Fluidos (Semestre 2-1025 y 1-2016), también las notas del problema específico de Ingeniería. Por último se darán a conocer comentarios relevantes sobre los resultados de los proyectos innovativos antes mencionados.

Resultados Test de Conocimientos Básicos

El test se aplicó en total a 45 alumnos con todos los tópicos mencionados anteriormente. Cabe señalar que por motivos académicos algunos estudiantes del curso de Mecánica de Fluidos no habían cursado los ramos de Termodinámica y Transferencia de Calor, al igual que Mecánica de Fluidos (a la fecha lo estaban cursando), por lo tanto no fueron evaluados estas materias.

En las siguientes tablas 1 - 3 se muestran los resultados obtenidos por los participantes.

Tabla 1: Notas logradas en Matemática LIBAC

	Matemática				Mecánica				$\bar{x}$
	Derivadas	Integrales	EDO	Vectores	Mecánica	T. de Calor	Mec. Fluidos	Termo	
1	7,0	1,0	7,0	7,0	7,0	3,5	5,0	5,0	5,3
2	7,0	1,0	3,0	5,0	4,7	4,3	2,3	7,0	4,3
3	7,0	7,0	3,0	2,0	6,3	4,3	1,7	5,0	4,5
4	7,0	3,0	5,0	5,0	7,0	4,2	4,3	6,0	5,2
5	4,0	4,0	5,0	2,0	5,7	3,3	5,3	5,0	4,3
$\bar{x}$	6,4	3,2	4,6	4,2	6,1	3,9	3,7	5,6	4,7

Tabla 2: Notas logradas en Mecánica de Fluidos (Semestre 2-2015)

	Matemática				Mecánica		$\bar{x}$
	Derivadas	Integrales	EDO	Vectores	Mecánica	Termo	
$\bar{x}$	6,7	4,5	4,6	4,8	4,5	5,3	5,1

Tabla 3: Notas logradas en Mecánica de Fluidos (Semestre 1-2016)

	Matemática				Mecánica		$\bar{x}$
	Derivadas	Integrales	EDO	Vectores	Mecánica	Termo	
$\bar{x}$	6,4	4,7	4,8	4,7	5,8	5,1	5,3

La sigla EDO corresponde a Ecuaciones Diferenciales Ordinarias y Termo a Termodinámica.

En las figuras 3 – 4 se muestran los gráficos que relacionan la nota obtenida por este Test con el promedio ponderado académico (PPA).

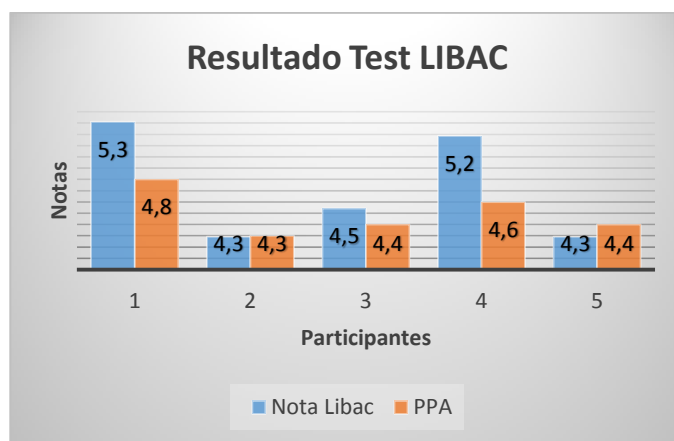


Figura 3: Resultados Test LIBAC

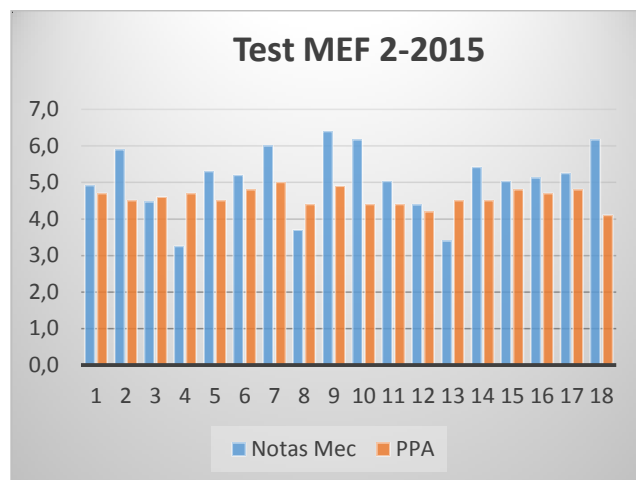


Figura 4: Resultados Test Curso Mecánica de Fluidos 2-2015

En las figuras 3 - 4 relacionan la nota obtenida mediante el Test y su promedio ponderado académico al momento de realizar esta prueba. La columna de la izquierda representa su nota en el Test y la columna de la derecha su PPA. Es posible señalar que, en su mayoría, los estudiantes presentan un rendimiento mayor que su PPA, como también rendimientos casi iguales, y finalmente unos muy pocos tuvieron un rendimiento deficiente. Entonces es posible asegurar que el Test representa un instrumento validador de conocimientos básicos adquiridos en la formación de cada estudiante. Cabe señalar que no fue posible incluir los resultados del curso de Mecánica de Fluidos del Semestre 1-2016 por no tener los PPA de cada alumno.

Con respecto a los contenidos del Test, se nota que los estudiantes tienen serios problemas en la integración, donde esta área promedia mucho menos que comparadas con las demás. Esto puede ser porque aprendieron técnicas de integración de memoria y no pusieron énfasis en el concepto de integrales. Las derivadas representan el área con mejor promedio del Test, es posible asegurar que los estudiantes dominan los conceptos de derivación. Por último las Ecuaciones Diferencial Ordinarias junto con Vectores representan un rendimiento parejo pero se nota un problema en conceptos fundamentales de estas áreas.

En el área de Mecánica, los tópicos que más problemas tuvieron fueron Transferencia de Calor y Mecánica de Fluidos promediando una nota de 3,9 y 3,7 respectivamente, para el caso de los participantes LIBAC. Mientras que en el curso de Mecánica de Fluidos (2-1015) el rendimiento de Mecánica y Termodinámica fue de casi 0,8 puntos de diferencia entre las dos. Esto se debe a que los alumnos no saben afrontarse a estos conceptos y problemas, donde su principal herramienta es resolver mecánicamente los problemas y cuando se les pide abordar el ejercicio de otra manera se notan serios problemas conceptuales.

Aun así el área que presenta mejor rendimiento fue la de Mecánica. Esta representa una asignatura fundamental en la especialidad correspondiente, donde se aproximan conceptos desde los primeros cursos de física hasta los últimos, entonces los alumnos se ven obligados a adquirir estos conocimientos, ya que su rendimiento en la carrera depende gran parte de esta área.

CONCLUSIONES

En el desarrollo de este proyecto se comprobó inicialmente la hipótesis de que los alumnos son capaces de aportar ideas innovativas y potencialmente útiles, pero tienen dificultades en aplicar sus conocimientos para transformar las ideas en propuestas tecnológicas. Para este fin fue necesario un trabajo sistemático con cada uno de los estudiantes que participaron en la experiencia LIBAC inicial, de manera de asistirlos en la tarea de modelar científicamente las propuestas de manera de poder calcular, dimensionar y optimizar. Lo anterior es un reflejo de lo que sucede con muchos egresados actualmente, que también necesitan guía sistemática para hacer una transferencia de conocimientos desde la universidad al mundo profesional.

El número de alumnos que participaron en la experiencia LIBAC 2015 (5) fue reducido para permitir hacer un trabajo en profundidad, de manera de evaluar conocimientos y habilidades innovativas en los participantes. En esta perspectiva, se trabajó con casos más que grupos estadísticamente significativos. Se reconoce que es necesario desarrollar nuevos estudios para ampliar el universo de alumnos analizados.

En su inicio el LIBAC, por razones prácticas ha convocado estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil en Mecánica. En el futuro la convocatoria se ampliará a otros departamentos para incentivar el trabajo interdisciplinario.

Un objetivo de más largo plazo para el LIBAC es generar propuestas para mejorar la capacidad de transferencia de conocimientos teóricos a los problemas de ingeniería en una perspectiva innovativa. También se reconoce la dificultad de la tarea indicada, si se tiene presente que ella es de alcance universal.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Departamento de Ingeniería Mecánica y a la Vicerrectoría Académica de la Universidad de Santiago de Chile por sus contribuciones a este estudio.

REFERENCIAS

Instituto de Ingenieros de Chile. (2014): Desafíos y Perspectivas de la Ingeniería Chilena, Santiago. Chile.

Letelier M. (2014): Recursos y Barreras en la Formación de Ingenieros para la Creatividad e Innovación. XXVII Congreso Chileno de Educación en Ingeniería. Concepción.

Letelier M., Oliva C., Cuevas C., Carrasco R., López L. (2012): Higher Education in Chile: Culture, Assumptions, and The Challenge of Relevance and Effectiveness. Nova Science Publishers, INC. (175-193).

Letelier M., Sandoval M., (2013): National Policies in Chile Related to Research and Innovation: The Challenge of Cultural Change. Research, Development, and Innovation in Asia Pacific Higher Education, Chapter 6, Macmillan, Edited by John N. Hawkins and Ka Ho Mok.

National Science Foundation. (2007): Moving Forward to Improve Engineering Education. USA.

SYN- Iniciativa Ingeniería 2030. (2013): Informe N°1: Factores y Tendencias Claves de la Ingeniería a Nivel Internacional. Ingeniería 2030, Programa para transformar las Escuelas de Ingeniería Chilenas en entidades de clases mundial hacia el año 2030. Santiago. Chile.