

## **Evaluación de impacto de innovaciones pedagógicas en la formación de ingenieros**

Héctor Turra, Universidad Católica de Temuco, [hturra@uct.cl](mailto:hturra@uct.cl)  
Beatriz Moya, Universidad Católica de Temuco, [bmoya@uct.cl](mailto:bmoya@uct.cl)

### **RESUMEN**

El presente trabajo describe un proceso de diseño e implementación de un modelo de evaluación de impacto de innovaciones pedagógicas implementadas en cursos de las áreas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática) destinado a la medición de la efectividad de un proceso de transformación de cursos. Estas innovaciones fueron diseñadas en el marco del Plan de Mejoramiento UCT1402 implementado en la Universidad Católica de Temuco entre el 2015 y 2016.

En el proceso de diseño del modelo se estableció que las categorías de impacto deben estar relacionadas a: los docentes, estudiantes y la institución. Los indicadores establecidos para medir el impacto se organizan en: entrada (input), proceso, resultados y de salida. A su vez los niveles de impacto se refieren a: 1) creencias docentes, 2) uso de innovaciones, 3) adaptación de las innovaciones, 4) reacción de los estudiantes, 5) logros de aprendizaje, 6) uso de aprendizajes y 7) influencia de los resultados a nivel institucional (basados en Chalmers & Gardiner, 2015).

Una vez comenzado el funcionamiento del modelo de evaluación, se han podido observar impactos significativos en porcentajes de aprobación, las ganancias de aprendizaje y satisfacción de los estudiantes hacia el rol del ayudante.

**PALABRAS CLAVES:** Innovación en STEM, Educación en STEM, Formación docente, Evaluación de impacto, Comunidades de aprendizaje.

### **INTRODUCCIÓN**

Los procesos de cambios en la educación superior Chilena, caracterizados por la diversificación y masificación de la matrícula en universidades (Rolando, Salamanca y Aliaga, 2010; CNED, 2016) y por las nuevas políticas públicas que van en pos del acceso universal, han propiciado una etapa de cambio en la forma de realizar el proceso pedagógico en las instituciones de educación terciaria (Biggs & Tang, 2007).

En caso de las Facultades de Ingeniería, este nuevo escenario lleva re-pensar los procesos pedagógicos para responder a las nuevas características estudiantiles y a las demandas propias de la disciplina, como el enfocarse en la productividad e innovación y dar vida al denominado cuarto paradigma en la formación de ingenieros (Valencia, 2010; Valencia, Carrillo y Aedo, 2012).

La Universidad Católica de Temuco ha realizado esfuerzos para poder actualizar los itinerarios formativos de las ingenierías e innovar en sus procesos educativos. Producto de estos se han adjudicado, junto al Centro de Desarrollo e Innovación de la Docencia una serie de proyectos para abordar la temática. Estos fondos han sido destinados, en su mayoría, a diseñar, implementar y evaluar una serie de innovaciones pedagógicas como la clase invertida, aprendizaje entre pares, proyectos de diseño ingenieril, aprendizaje basado en problemas y otros.

Para poder medir la efectividad de estas innovaciones, se diseñaron mecanismos que permitan desarrollar un modelo para evaluar el impacto que éstas tienen en los principales actores del proceso educativo y en la institución. Con el propósito de alcanzar este objetivo se ha trabajado

con los modelos propuestos por Guskey (2000), Kirkpatrick y Kirkpatrick (2007) y Chalmers (1999; 2011; 2015).

## **DESARROLLO**

Este trabajo pretende demostrar, en una primera instancia, el diseño de un sistema de amplio espectro para evaluar el impacto de las innovaciones curriculares pedagógicas y didácticas que dan cuenta de los cambios que actualmente se implementan en la Facultad de Ingeniería de la UC Temuco, y que van en pos de la mejora de los desempeños competentes de los estudiantes. Para lograr este objetivo, el modelo de evaluación de impacto que se propuso está basado en los desarrollados por Guskey (2000) y Kirkpatrick (1956; 1975; 1994; y 2007).

Ambos modelos, Guskey y Kirkpatrick, están enfocados en la evaluación de los programas de desarrollo profesional y al mismo tiempo presentan diferentes niveles de impacto. Guskey (2000) nos presenta 5 niveles de impacto de estos programas los cuales son definidos como:

1. Reacción de los docentes
2. Aprendizaje de los docentes
3. Apoyos y cambios institucionales
4. Uso de los nuevos conocimientos y habilidades
5. Resultados de aprendizaje de los estudiantes

Estos 5 niveles de impacto están siempre relacionados a programas de desarrollo profesional y culminan, en el caso de la profesión docente, en cómo estos nuevos aprendizajes y habilidades desarrolladas por los docentes en estos programas influyen en el aprendizaje de los estudiantes.

Por otro lado Kirkpatrick (1956; 1975; 1994; y 2007), nos presenta un modelo con sólo 4 niveles los cuales son:

1. Reacción
2. Aprendizaje
3. Comportamiento
4. Resultados

Estos niveles de impacto, en el marco del desarrollo docente, están asociados a 1) la satisfacción del profesor en el (o los) programa(s) de desarrollo docente, 2) los aprendizajes construidos por los docentes en el programa, 3) la influencia del programa en el cambio de prácticas en el aula y finalmente 4) a los resultados de aprendizaje obtenidos por los estudiantes.

Basados en la descripción anterior y con apoyo de Chalmers (1999; 2011; 2015) se han desarrollado 7 niveles de impacto que están asociados tanto al trabajo de los docentes como al desempeño de los estudiantes y al mismo tiempo a las decisiones que debe tomar la institución.

Figura 1. Modelo de evaluación de impacto de innovaciones curriculares pedagógicas y didácticas.



La organización propuesta debe ser complementada con una serie de indicadores e instrumentos asociados que den vida al modelo. Estos indicadores, serán organizados en datos iniciales que establecen la línea base existente antes de la implementación de las innovaciones (Entrada), indicadores sobre las acciones que se realiza para cambiar los datos de entrada (Proceso), indicadores que dan cuenta del movimiento de los indicadores de entrada o los que se generan luego de la intervención (Salida) y finalmente aquellos productos que reflejan el impacto final de las innovaciones (Resultados). Los indicadores de entrada y salida son considerados inminentemente cuantitativos y ofrecen información clave, de forma resumida y comprensible para quienes administran la educación superior. Por su parte, los de proceso y resultados son considerados cualitativos y permiten brindar contexto que otorgan sentido a la evaluación de impacto. Luego de la revisión de literatura y análisis de los factores situacionales de los cursos, se construyó la siguiente matriz con sus respectivos indicadores.

Tabla 1. Matriz de indicadores para el seguimiento de la Transformación de cursos

Variables	Entrada	Proceso	Salida	Resultados
<b>Reacción docente</b>	Actitudes docentes frente a innovaciones pedagógicas (pre)	Protocolo de transformación de cursos	Número de docentes participantes de comunidades de aprendizaje	Guías de aprendizaje (syllabus) rediseñadas.
	Número de docentes full time en comunidades de aprendizaje STEM	Productos de talleres de formación docente	Número de participantes en talleres de formación focalizado	Resultados de encuestas de satisfacción en talleres de formación.
			Horas dedicadas de trabajo de comunidades de	Involucramiento continuo en comunidades de aprendizaje

			aprendizaje por parte de docentes (talleres, reuniones, etc.)	
<b>Cambios en las prácticas docentes</b>	Resultados históricos de satisfacción de docentes que trabajan en comunidades de aprendizaje (2003-2013)  Evidencias de materiales declarados en previas guías de aprendizaje (antes del rediseño del curso)	Registro audiovisual de clases con innovación  Análisis de incidentes críticos  Pilotaje de innovaciones y ajustes  Incorporación de ayudantes de aprendizaje al proceso enseñanza-aprendizaje	Número de cursos transformados  Número de profesores involucrados en la transformación de cursos  Resultados de evaluación de desempeño (por parte de estudiantes)	Cursos transformados con uso de plataformas virtuales (Moodle)  Transferencia de innovaciones a otros cursos  Materiales desarrollados y actividades de aprendizaje implementadas por ayudantes de aprendizaje  Materiales desarrollados y actividades de aprendizaje implementadas por docentes  Nuevos proyectos y/o fondos obtenidos por docentes para mantener/replicar innovaciones
<b>Cambios en las concepciones de docentes</b>	Análisis de creencias docentes (inventario pre)  Enfoques para la enseñanza (ATI pre)  Inventario de autoeficacia docente (pre)	Actividades de reflexión pedagógicas implementadas en comunidades de aprendizajes	Análisis de creencias docentes (inventario post)  Enfoques para la enseñanza (ATI post)  Inventario de autoeficacia docente (post)	Publicaciones académicas relacionadas a las experiencias de innovación  Participación en presentaciones, conferencias, seminarios, etc.
<b>Cambios en los resultados de aprendizaje de los estudiantes</b>	Datos históricos de aprobación/reprobación  Nivel de logro de aprendizajes en pruebas diagnósticas (pre)	Uso de evaluaciones auténticas en curso transformado (número y ponderación)	Tasas de aprobación de cursos transformados  Ganancia de aprendizaje de estudiantes en cursos transformados (post)	Presentaciones /publicaciones relacionadas a ganancias de aprendizaje luego de transformación  Percepción de profesores sobre ganancias de aprendizaje de estudiantes (Focus Group)
<b>Cambios en los enfoques hacia el aprendizaje</b>	Número de estudiantes que se inscriben en cursos transformados	Análisis de actividades realizadas en cursos transformados	Inventario de enfoques al aprendizaje (post)	Reporte de análisis de cambios en los enfoques al aprendizaje (pre y post)

	Inventario de enfoques al aprendizaje (pre)			Análisis de uso de plataformas virtuales a través de learning analytics
<b>Cambios en la cultura de la institución</b>	Número de iniciativas de innovación antes de proyecto STEM relacionados a cambios pedagógicos, uso de tecnologías y mejora en enseñanza de áreas STEM	Validación protocolo de funcionamiento de transformación de cursos	Número de docentes de comunidades de aprendizaje que realizan investigación en docencia universitaria	Validación de comunidades de aprendizaje como entes válidos para innovación pedagógica y desarrollo docente
	Número de acuerdos de colaboración entre académicos y CeDID	Repositorio institucional de innovaciones pedagógicas desarrolladas en comunidades de aprendizaje	Número de proyectos de innovación pedagógica adjudicados por comunidades de aprendizaje	Análisis de involucramiento docente en comunidades de aprendizaje / transferencia de prácticas a nuevos contextos
	Análisis de reglamento académico vigente	Presentación de propuesta reglamento académico a autoridades universitarias	Número de publicaciones / presentaciones realizadas por miembros de comunidades de aprendizaje sobre innovaciones pedagógicas	Propuesta de política de desarrollo docente ligada a categorización académica
		Productos pedagógicos reconocidos en rubrica de evaluación académica	Número de actividades realizadas en comunidades que contribuyen a Plan de Desarrollo Estratégico	Propuesta para el incentivo a participar en comunidades de aprendizaje y validación de productos
		Desarrollo de laboratorio de contenido abierto con apoyo institucional		Involucramiento en redes internacionales de innovación pedagógica
		Proyectos de innovación pedagógicas propuestos por comunidades de aprendizaje		

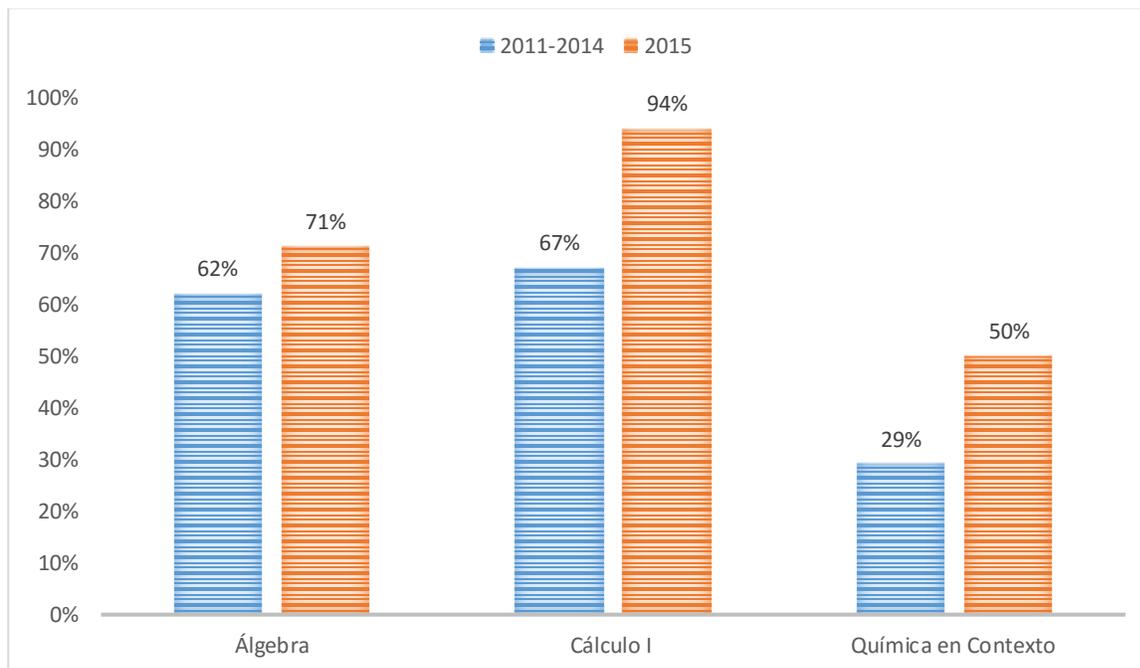
## RESULTADOS

El modelo de evaluación presentado, al tener una tendencia holística en la medición de impacto podría resultar en una serie de datos, información, productos, etc., de diferente naturaleza. Esto significa que podría ayudar a reportar impactos en diferentes áreas y en diferentes actores. Es por esta razón que se presentarán algunos resultados significativos para el proceso de transformación de cursos arrojados luego de la implementación del modelo y algunos posibles análisis que se podrían realizar.

## Aprobación en cursos STEM

Una forma de ver impacto de innovaciones pedagógicas en cursos transformados en contextos de trabajo de comunidades de aprendizaje tiene que ver con los porcentajes de aprobación/reprobación que históricamente han obtenido estos cursos y las que obtienen los estudiantes luego del proceso de innovación. Sin embargo, el análisis de estos datos debe realizarse entendiendo que el proceso educativo es multifactorial y es difícil atribuir ganancias o pérdidas a una sola variable. A pesar de lo anterior, estos cursos no tuvieron otro tipo de apoyo externo, sino que estuvieron íntegramente asociados al soporte establecido por el proceso de transformación de cursos: apoyo de un ayudante de aprendizaje, implementación de la estrategia de clase invertida, metodología de proyectos y otras de aprendizaje activo en clases presenciales. En la figura 2 se presenta el promedio de los porcentajes de aprobación obtenidos al finalizar el semestre entre los años 2011 y 2014 de los cursos de Álgebra, Cálculo I y Química en Contexto comparado con el porcentaje de los mismos cursos, como pioneros de la transformación, durante el año 2015.

Figura 2. Aprobación 2011-2014 comparados con 2015.



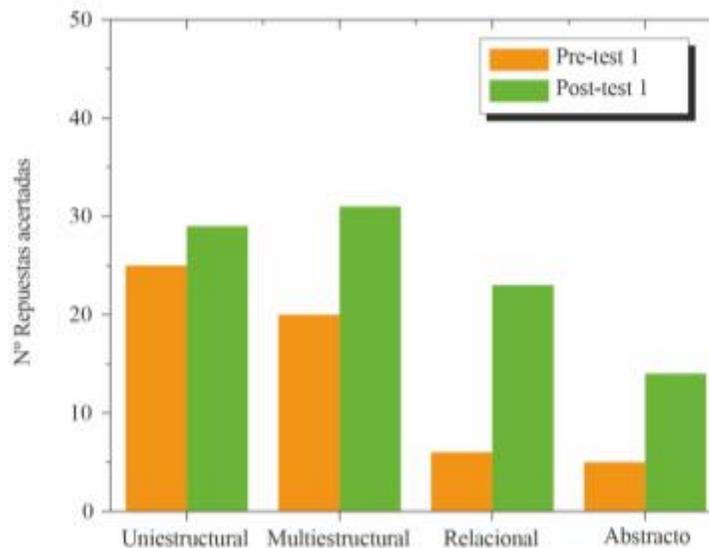
Como se aprecia en el gráfico, existe un aumento en la aprobación de estos cursos. Se consideró el periodo 2011-2014 como base debido a que el porcentaje de aprobación fue estable en esos años. Como se mencionó anteriormente, el 2015 fue el primer año de implementación de innovaciones pedagógicas. Los impactos más notables se evidenciaron en el curso de Química en contexto donde el aumento de la aprobación de los estudiantes alcanzó un 21%. Estos cursos fueron los primeros transformados y ya llevan 3 semestres de implementación.

## Ganancias de aprendizaje: Física I

En el curso de Física I, se desarrolló un inventario de conceptos de la física que fue tomado como pre-test (al iniciar el curso) y post-test (al terminar un resultado de aprendizaje). Las preguntas dentro de este inventario fueron categorizadas en los diferentes niveles de la taxonomía SOLO (Biggs & Tang, 2007) que ejemplifican niveles de entendimiento asociados al aprendizaje superficial y al profundo.

La construcción e implementación de este inventario, permitió el análisis de las ganancias de aprendizaje de este curso y al mismo tiempo poder analizar en qué nivel(es) se encuentran las mayores y menores ganancias. Para poder expresar estas ganancias se utilizó la fórmula de ganancia normalizada de aprendizaje de Hake (2007).

*Figura 4. Ganancia normalizada de aprendizaje después de Resultado de Aprendizaje N°1 en Física I*



Como podemos apreciar en el gráfico, las mayores ganancias de aprendizaje se encuentran en los niveles Relacional y Abstracto, lo que significa que los estudiantes desarrollaron entendimiento a niveles profundos del contenido y que da cuenta de la calidad de los aprendizajes construidos como resultado de las transformaciones implementadas.

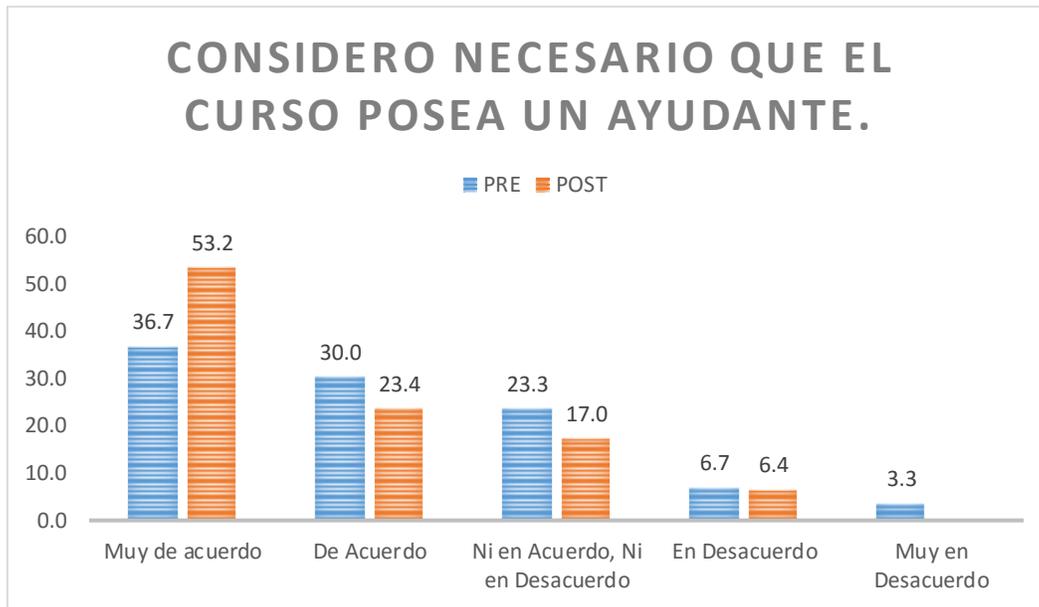
## Satisfacción hacia el ayudante

Los cursos transformados son activamente apoyados por ayudantes de aprendizaje, que a partir de un proceso de habilitación ofrecido por el Colegio de Ayudantes de la UC Temuco, aportan en funciones asociadas a la coordinación del curso en el Entorno Virtual de Aprendizaje, la generación de evaluaciones automatizadas y videos tutoriales que guían a los estudiantes en su trabajo autónomo.

En este marco, se consideró necesario realizar un seguimiento de la percepción de los estudiantes sobre el desempeño de los ayudantes a través de un cuestionario semi-estructurado, aplicado a estudiantes de los cursos de Cálculo I y Cálculo II de la cohorte 2015 de la Facultad de Ingeniería.

La figura 5 muestra la comparación entre los resultados de la aplicación de la encuesta en Cálculo I (durante el año 2015) y Cálculo II (2016) para el ítem “considero que es importante que el curso posea un ayudante”

*Figura 5. Comparación de satisfacción de estudiantes sobre el rol del ayudante, ítem 4.3*



La comparación de datos demuestra un incremento de un 16,5% en el nivel ‘muy de acuerdo’ y un 13,4% en el nivel ‘de acuerdo’. Desde una perspectiva longitudinal, es posible señalar que desde la percepción de esta cohorte de estudiantes, que participan de estos cursos transformados, se sostiene que la incorporación del ayudante es necesaria.

## CONCLUSIONES

Un sistema de evaluación holístico permite mantener un monitoreo constante y sistemático de los impactos de un programa de mejora, que, en este caso, apunta a la implementación de innovaciones pedagógicas. Sin embargo, en el proceso de implementación, es necesario establecer áreas y criterios claros que permitan “navegar” en la gran cantidad de datos que se podrían generar.

Por otro lado, esta experiencia demostró que es necesario ser sistemático en la recogida de algunos datos para poder hacer no sólo comparaciones pre y post-test, sino poder mirar el impacto de forma longitudinal y considerando diversos niveles en diferentes actores del proceso educativo.

Finalmente, el sistema ha sido útil para identificar la efectividad de los procesos de transformación puesto que ha demostrado incrementos en las tasas de aprobación, ganancias de aprendizaje y resultados significativos respecto de la percepción de los estudiantes hacia el rol del ayudante, facilitando así la toma de decisiones estratégicas en pos de la mejora de los aprendizajes de los estudiantes.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la profesora Denise Chalmers por su invaluable contribución a mejorar la educación y por su apoyo en el desarrollo de esta iniciativa.

## **REFERENCIAS**

Chalmers, D., & Gardiner, D. (2015). The measurement and impact of university teacher development programs. *Educar*, 51(1), 53. doi:10.5565/rev/educar.655

Chalmers, D., & Fuller, R. (1999). Research and a professional development programme on teaching learning strategies as part of course content. *International Journal for Academic Development*, 4(1), 28-33. doi:10.1080/1360144990040105

Chalmers, D. (2011). Progress and challenges to the recognition and reward of the Scholarship of Teaching in higher education. *Higher Education Research & Development*, 30(1), 25-38. doi:10.1080/07294360.2011.536970

Consejo Nacional de Educación. (2016). Estadísticas de Educación Superior. Recuperado el 29 de junio 29, 2016, de [http://www.cned.cl/public/Secciones/SeccionIndicesPostulantes/Indices\\_Sistema.aspx](http://www.cned.cl/public/Secciones/SeccionIndicesPostulantes/Indices_Sistema.aspx)

Guskey, T. R. (2000). *Evaluating Professional Development*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Hake, R. (2007). Six Lessons From The Physics Education Reform Effort. *Latin American Journal of Physics Education*, 1(1). Retrieved May 9, 2016, from <http://www.physics.indiana.edu/~hake/SixLessonsD.pdf>

Kirkpatrick D. L. (1959). 'Techniques for evaluating training programs.' *Journal of American Society of Training Directors*, 13 (3): pp21–26.

Kirkpatrick, D. L. (1975). 'Techniques for Evaluating Training Programs'. *Evaluating training programs in D. L. Kirkpatrick (ed.) Alexandria, VA: ASTD.*

Kirkpatrick, D. L. (1994). *Evaluating Training Programs*. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers, Inc.

Kirkpatrick, D. L., & Kirkpatrick, J. D. (2007). *Implementing the four Levels: A practical guide for effective evaluation of training programs*. San Francisco, CA: Koehler Publishers Inc.

Kolb, D. (1985). *Learning style inventory*. Boston, MA: McBer and Company.

Rolando, R., Salamanca, J., y Aliaga, M. (2010). *Evaluación Matricula Educación Superior de Chile. Periodo 1990-2009 (Vol. 1)*. Santiago, Chile: MINEDUC. Recuperado el 1 de Mayo, 2014, de <http://www.mineduc.cl/usuarios/1234/File/Publicaciones/Estudios/5Estudio-Evolucion-Matricula-Historica-1990-2009.pdf>

Valencia, A., Carrillo, O. Aedo, J. (2012) "Las tendencias en la ingeniería". Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia, Colombia. Ingeniería y Sociedad, número 4, 29-31

Valencia, D., (2010) "Crisis y futuro de la ingeniería". Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia, Colombia. Ingeniería y Sociedad, número 1-6.