

## **EXPERIENCIA DE CLASES INVERTIDAS EN CURSO DE MODELACIÓN DE PROCESOS**

Alejandro J. Rojas, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción, ajrojasn@yahoo.com, arojasn@udec.cl

**Resumen:** El estilo de docencia tradicional está probando ser menos eficiente de lo deseado en lograr los aprendizajes y competencias requeridas por las nuevas generaciones, acostumbradas a desarrollos tecnológicos que tan sólo diez o quince años atrás eran desconocidos. La Universidad de Concepción (UdeC) está fomentando además que el estudiante tenga una participación responsable y protagónica en su proceso de enseñanza y aprendizaje.

Es por estas razones que durante el semestre 2 del año 2015 se implementó el concepto de “*clases invertidas*” en el curso de Modelación de Procesos para ing. Civil Eléctrica y Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la UdeC. Esto se logró con material especialmente preparado para que los alumnos en forma independiente pudiesen revisar los conceptos de la asignatura fuera del horario de clases, y en grupos de trabajo en horario de clases profundizar su aprendizaje. Los resultados preliminares observados son una menor tasa de reprobación. Otros indicadores importantes como asistencia y promedios de notas no mejoraron sustancialmente, pero tampoco empeoraron con esta nueva modalidad de enseñanza.

**Palabras claves:** aprendizaje activo, clases invertidas, tecnología de la información.

### **INTRODUCCIÓN**

Se ha detectado en una publicación previa, Ferres et al (2014), que el estilo de docencia tradicional en la Universidad de Concepción (UdeC) está probando ser menos eficiente de lo deseado en lograr los aprendizajes para las nuevas generaciones acostumbradas a desarrollos tecnológicos que tan sólo diez o quince años atrás eran desconocidos.

Una alternativa a la docencia tradicional ha resultado ser el concepto de “aprendizaje activo” que según Bonwell y Eison (1991) es cualquier actividad realizada por los estudiantes que los hace pensar acerca de lo que están haciendo. Por otro lado en Felder y Brent (2009) se define como cualquier actividad de aprendizaje realizada por los estudiantes que no sea simplemente escuchar.

En términos de la taxonomía revisada de Bloom (Anderson et al., 2001) esto significa que los estudiantes, durante estas experiencias en clases de aprendizaje activo, se enfocan en los niveles más altos (aplicaciones, análisis, síntesis, evaluación), cuando cuentan con el apoyo de sus pares y del profesor. Este modelo difiere del modelo tradicional de enseñanza en donde la primera exposición al material educativo es normalmente pasiva, con el profesor hablando y los alumnos escuchando.

Algunas técnicas específicas que surgen del paradigma de aprendizaje activo son las que se conocen como aprendizaje basado en problemas (Torp et al, 1995), y clases invertidas (Walvoord et al., 1998).

En particular el concepto de “*clase invertida*” propone que los estudiantes logren un “*primer contacto con el material de aprendizaje*” antes de asistir a clases, mientras que el “*procesamiento*” (sintetizar, analizar, solución de problemas, etc.) del aprendizaje se realiza en clases. Maureen Lage, Glenn Platt, y Michael Treglia describen un enfoque de clase invertida (Lage et al. 2000) y reportan su aplicación en un curso de introducción a la economía. Para hacer el curso más compatible con los estilos de aprendizajes variados de sus alumnos es que diseñaron su “*clase invertida*” con diferentes opciones: lectura de libros recomendados, clases grabadas en video, presentación en PowerPoint con sonido, etc. Para asegurar la preparación de los estudiantes

antes de que asistieran a la clase, Lage, Platt y Teglia solicitaron a los alumnos completar una tarea que periódicamente se recogía en forma aleatoria y se evaluaba. El tiempo de clase se usaba en actividades que incentivaban los estudiantes a procesar y aplicar los principios económicos. Tanto los estudiantes como los profesores consideraron el método de “*clase invertidas*” como positivo. En particular los profesores observaron una mayor motivación de los alumnos que con el método de enseñanza tradicional.

En Mason et al (2013) se compara la efectividad del uso de “*clases invertidas*” en un curso de Control para Ingeniería. Los resultados del estudio fueron prometedores ilustrando los beneficios y desafíos de usar este tipo de metodología de aprendizaje activo. Se destaca en esta publicación el hecho que con esta metodología se puede cubrir más materia, con igual o mejor retención. Se menciona además que los alumnos requieren de un período para adaptarse a la nueva modalidad de enseñanza, aunque este período resultó ser breve (del orden de cuatro semanas).

En este trabajo se pretende resumir la experiencia de aplicar el concepto de clases invertidas en la asignatura de Modelación de Procesos, asignatura obligatoria para Ing. Civil Eléctrica y Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la UdeC, durante el segundo semestre del 2015. En el diagnóstico ofrecido en Ferres et al (2014) se percibe una tendencia a la baja en la asistencia a clases a través de los años y en general una baja motivación por parte de los estudiantes.

El uso de metodologías de aprendizaje activo está en línea con el Plan Estratégico de la Universidad de Concepción en su objetivo de consolidar la implementación del Modelo Educativo UdeC y con el actual proyecto de Nueva Ingeniería 2030 en su eje de Formación.

## **EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE ACTIVO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**

Así como en el área de la salud es tradicional el desarrollo de competencias clínicas a través de la práctica a lo largo del tiempo, en el área de ingeniería es tradicional que los estudiantes apliquen los aspectos teóricos en la resolución de problemas y enfrenten el desarrollo de proyectos. En ingeniería, esto se da principalmente en los cursos del ciclo profesional, cuando el estudiante ya lleva varios años de estudio universitario.

Por otro lado en ingeniería es difícil ofrecer proyectos reales para el aprendizaje, lo que sumado a lo fácil que es caer en aspectos meramente cognitivos y de baja complejidad, hace correr el riesgo de no desarrollar las habilidades de pensamiento superior y competencias que debe poseer todo ingeniero.

Es así como la estrategia de clases invertidas aparece como una buena alternativa que posibilita aprendizajes profundos y desarrolla habilidades de pensamiento superior. Además esta estrategia de clases invertidas permite atraer a los estudiantes a la universidad, dándoles oportunidades de aprendizaje reales cuando asisten a clases.

### **Curso de Modelación de Procesos, Periodo 2011 - 2014**

En esta sección ponemos al día el diagnóstico preliminar ofrecido en Ferres et al (2014). El curso de Modelación de Procesos, código 543207, es un curso obligatorio tanto para Ing. Civil Electrónica como para Ing. Civil Eléctrica de la UdeC. Este curso se ubica en el cuarto semestre en ambas mallas curriculares, con un promedio de alrededor de 60 alumnos divididos en dos secciones (Sección 1 ELE y Sección 2 ELN). El programa de este curso considera tópicos de física clásica, mecánica de fluidos y termodinámica aplicados a modelación de procesos a partir de principios básicos, generando idealmente un enlace temprano entre la teoría y la práctica. La mayor dificultad para los alumnos reside en lograr acceder a los niveles más altos en la taxonomía revisada de Bloom (Anderson et al., 2001) dado que para lograr modelar en forma exitosa un proceso a partir de principios básicos se requiere capacidad de comprender, aplicar y evaluar el uso de los conceptos básicos pertinentes.

Tabla N° 1: asistencia histórica.

	Asistencia Promedio		Asistencia Promedio Primera mitad Semestre		Asistencia Promedio Segunda mitad Semestre	
	Sección 1	Sección 2	Sección 1	Sección 2	Sección 1	Sección 2
<b>2011</b>	58%	80%	68%	88%	48%	72%
<b>2012</b>	64%	60%	72%	66%	56%	54%
<b>2013</b>	55%	60%	64%	71%	45%	51%
<b>2014</b>	63%	68%	66%	71%	52%	55%

Con respecto a indicadores más allá de la simple asistencia, se tiene la siguiente información con respecto al promedio de notas y número de estudiantes reprobados.

Tabla N° 2: promedio y cantidad de alumnos reprobados.

Promedio de notas:	Cantidad de alumnos reprobados:
<b>2011:</b> 4.5 (ELE); 4.7 (ELN);	<b>2011:</b> 2 (ELE); 5 (ELN)
<b>2012:</b> 4.4 (ELE); 4.4 (ELN);	<b>2012:</b> 4 (ELE); 5 (ELN)
<b>2013:</b> 4.4 (ELE); 4.4 (ELN);	<b>2013:</b> 2 (ELE); 4 (ELN)
<b>2014:</b> 4.3 (ELE); 4.7 (ELN);	<b>2014:</b> 4 (ELE); 2 (ELN)

Se observa que con el transcurso de los años la situación tiene tendencia a la baja, en particular con respecto a la asistencia promedio durante la segunda mitad del semestre.

### **Curso de Modelación de Procesos, Periodo 2015**

Durante el semestre 2015-2 se procedió a implementar una metodología de clases invertidas para ambas secciones. Esta implementación conllevó la preparación de materiales pedagógicos y autoevaluaciones semanales entregados por medio de la plataforma educacional ARCO (arco.cfrd.cl). La estructura de evaluación formal se mantuvo en su forma original, es decir 5 pruebas cortas, 5 tareas y dos pruebas largas (una a mitad de semestre y otra al final), más una evaluación de recuperación. La aplicación del formato de clases invertidas consideró una encuesta a mitad de semestre, y otra comparativa a final de semestre (ver sección siguiente), para juzgar los aciertos y posibles desaciertos en la aplicación de esta metodología de aprendizaje activo.

El material docente se subdividió en unidades semanales seguido por autoevaluaciones en plataforma. En general el acceso al material en esta plataforma fue aceptado por los estudiantes, ver Figura 1, no así la componente de autoevaluación. En principio se consideró ligar el acceso al material docente de la semana siguiente a que se completara la autoevaluación de la semana en curso. Sin embargo problemas de implementación en la plataforma ARCO al comienzo de semestre, obligaron a deshabilitar esta modalidad. El resultado fue una reducción notoria del uso de este instrumento de aprendizaje, ver Figura 2.

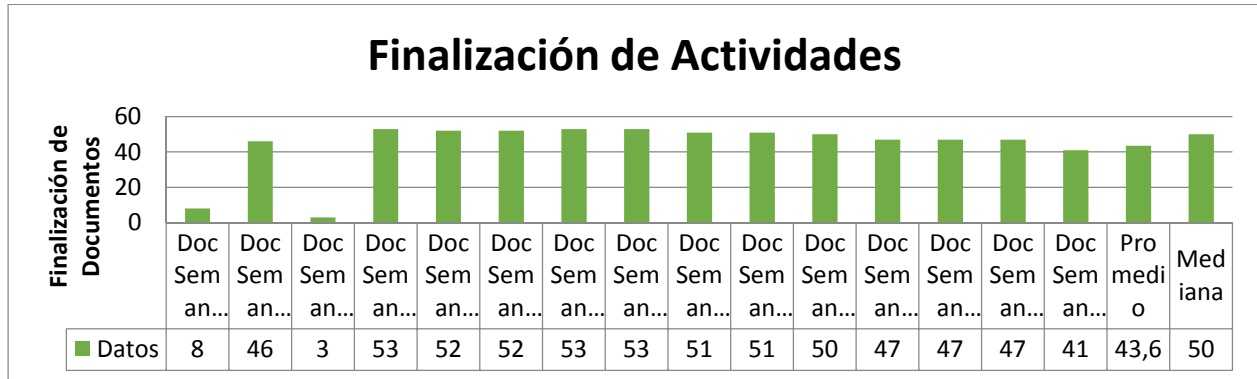


Figura N° 1: acceso a documentos semanales en plataforma ARCO.

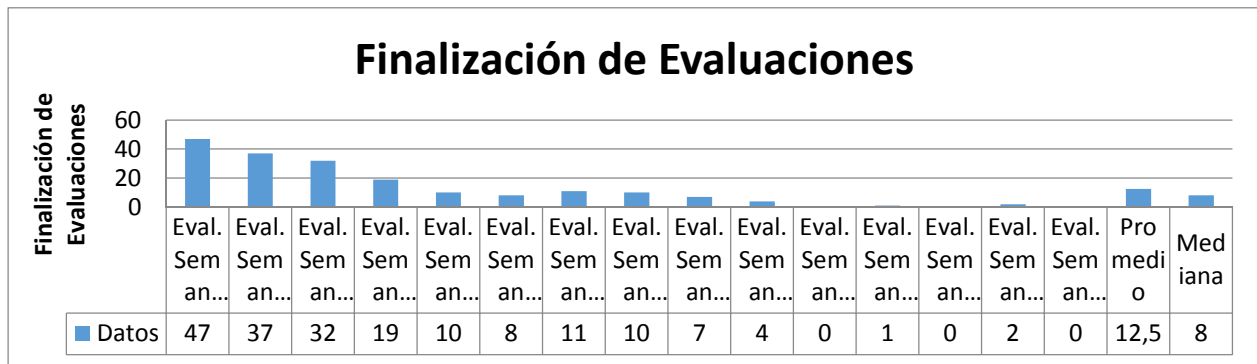


Figura N° 2: finalización autoevaluaciones semanales en plataforma ARCO.

Los resultados esperados al introducir una metodología de aprendizaje activo, en línea con lo reportado para el uso del concepto de clases invertidas (Mason et. al 2013), son una mayor asistencia promedio, en particular durante la segunda parte del semestre, así como un mayor promedio de notas. La cantidad de alumnos reprobados en el curso de Modelación de Procesos es históricamente baja (del orden del 10% al 15%) y no se esperaba que la introducción del concepto de “clases invertidas” modificara este indicador en forma significativa.

Tabla N° 3: asistencia periodo 2015.

	Asistencia Promedio		Asistencia Promedio Primera mitad Semestre		Asistencia Promedio Segunda mitad Semestre	
	Sección 1	Sección 2	Sección 1	Sección 2	Sección 1	Sección 2
<b>2015</b>	63%	65%	71%	71%	52%	55%

La asistencia no sufrió cambios significativos, pese al cambio de formato, pero tampoco bajo significativamente. Esto sugiere que la causa de la inasistencia, fundamentalmente en el segundo periodo, puede ir más allá de la asignatura y deberse a alguna otra situación más estructural (muchas pruebas a final de semestre, etc.).

Con respecto al promedio de notas estos fueron 4.6 (ELE) y 4.4 (ELN); lo que muestra una mejora para la Sección 1 de Ing. Civil Eléctrica, pero un empeoramiento para la Sección 2 de Ing. Civil Electrónica, comparado con el periodo 2014. Finalmente, con respecto a las tasas de reprobación, al final de la asignatura en el 2015 no reprobó ningún estudiante en la Sección 1, y reprobó tan sólo un estudiante en la Sección 2. Esto sugiere que, si bien es cierto el promedio de notas no reportó una mejora significativa, el aprendizaje de casi todos los alumnos superó el mínimo representado por la nota 4.

Más allá de los indicadores el uso de una metodología de aprendizaje activo generó en los estudiantes una mayor responsabilidad en su propio proceso de aprendizaje.

## **Encuestas**

### **Encuestas Internas**

En el desarrollo del curso durante el semestre 2015-2 se hicieron dos encuestas a los alumnos con el mismo formato. Una primera encuesta a mitad de semestre y otra a finales de semestre (ver Anexo). Las preguntas consultadas fueron:

- a. En su opinión cuantas horas a la semana en promedio le ha dedicado a la asignatura?
- b. El Profesor evalúa correctamente el aprendizaje a través de pruebas y tareas.
- c. Las clases me sirven para aprender.
- d. Las prácticas me sirven para aprender.
- e. La plataforma Arco es adecuada para el sistema de aprendizaje del curso.
- f. El material disponible en la plataforma Arco es adecuado para mi aprendizaje.
- g. Comente algo que a usted le ha gustado de esta asignatura.
- h. Comente algo que usted cambiaría de esta asignatura.

Las preguntas de la **b.** a la **f.** eran en una escala de 1 a 5 según los indicadores

1. Muy en desacuerdo.
2. En desacuerdo.
3. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo.
4. De acuerdo.
5. Muy de acuerdo.

Mientras que las preguntas **a.**, **g.** y **h.** eran abiertas. En estas encuestas vemos que se cumple, por lo menos en la percepción de los alumnos, que por cada hora teórica de clases (tres horas en esta asignatura) hay una de trabajo independiente del alumno (Promedios pregunta **a.** de 3.07 y 2.62 horas en dichas encuestas). Los alumnos le asignaron valor a las clases y prácticas (preguntas **c.** y **d.**) en el contexto de sus aprendizajes, en donde las prácticas resultaron ser más relevantes con un promedio de 3.4 de 5, sobre las clases, con un promedio final de 3 sobre 5 (esto en todo caso se contradice con la baja asistencia hacia el fin del semestre reportada por los ayudantes). Las consultas **e.** y **f.** son de tipo técnico, para evaluar la idoneidad de la plataforma ARCO. Finalmente las consultas **g.** y **h.** son de seguimiento y realimentación rápida para el docente (respuestas no reportadas en el Anexo).

En la primera encuesta, a través de la consulta **g.**, se detectó la necesidad de resolver ejercicios, por lo que se diseñaron actividades en clases más en esa línea para la segunda mitad del semestre y se agregó en la plataforma ARCO un foro de consultas. En la segunda encuesta, siempre a través de esta consulta, se solicitó un sistema mixto, con clases de revisión de materia y trabajo grupal de profundización del aprendizaje.

### **Encuesta Docente**

Además de las encuestas específicas comentadas en la subsección anterior, la UdeC mantiene un esquema de encuestas docentes semestrales en un formato estándar. Estas encuestas se reportan en la Sección Anexo para los años 2014 (fila superior en verde) y 2015 (fila inferior) en cada una de las consultas propuestas para la asignatura en estudio.

Hay que detallar que para el 2014 esta encuesta fue contestada por tan sólo 21 alumnos de un total de 58 alumnos (es decir un 36 % del universo total). En el año 2015 esta cifra fue aún más baja, con 13 alumnos de un total de 55 alumnos que contestaron la encuesta docente relacionada con esta asignatura (lo que representa un 24% del universo total). Es una crítica recurrente de los alumnos, al consultárseles el por qué no contestan la encuesta institucional, que no le ven provecho y que nada cambia en la forma de impartir las asignaturas.

Con respecto en específico a la asignatura de Modelación de Procesos se puede aventurar de la pregunta 1 que la percepción del conocimiento disciplinar del profesor por parte de los alumnos, al aplicar el concepto de clases invertidas, se separó en un grupo que marcadamente considera que el profesor no domina el tema (38%) y un grupo que considera que el profesor siempre o casi siempre demuestra dominio de la materia (38%). Esto se compara con una mayoría del 62 % en el 2014 que le reconocía algunas veces la competencia disciplinaria al profesor de la asignatura. La división en dos grupos marcados durante el 2015 puede deberse a la asistencia, o inasistencia, a las actividades en clases por parte de los alumnos, en donde los que participaron reconocen la competencia disciplinaria en el docente, mientras que los que no participaron no tuvieron oportunidad de detectarla.

En la pregunta 3 se percibe a través de las respuestas obtenidas un reconocimiento al hecho que un modelo de clases invertidas, como técnica de aprendizaje activo, fomenta el aprendizaje independiente en los estudiantes.

Por otro lado la evolución de las respuestas a la pregunta 4 también refleja el trabajo en clases logrado en la modalidad de clases invertidas, en donde recordamos que a través de actividades grupales, los estudiantes modelaron a partir de los conocimientos de la física ya adquiridos (otros conocimientos y experiencias), modelos para procesos reales simples. Esto contrasta con la modalidad de enseñanza expositiva implementada en 2014 en donde el sólo repasar los conceptos expuestos en asignaturas anteriores ocupaba parte importante del tiempo de contacto en clases.

## **Periodo 2016-2**

Durante el semestre 2016-2 se repetirá el modelo de clases invertidas. Se atenderá la crítica recibida en la pregunta **h.** de las encuestas internas, solicitando exposición de la materia en clases, potenciando el material disponible en la plataforma ARCO a través de videos tutoriales de los conceptos que resultaron ser más complicados para los alumnos (al estudiar las evaluaciones parciales). Se considera además agregar en clases nociones de CAT (classroom assessment techniques en inglés), ver por ejemplo Angelo y Cross (1993), para mejorar la experiencia de aprendizaje en clases. Al igual que en el periodo 2015-2, se piensa repetir la experiencia de tomar encuestas internas.

## **CONCLUSIONES**

En este trabajo se ha resumido la experiencia de aplicar la metodología de aprendizaje activo de clases invertidas en la asignatura de Modelación de Procesos para ing. Civil Eléctrica y Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la UdeC. El resultado principal de esta primera aplicación ha sido una menor tasa de reprobación. Falta mejorar, en las próximas iteraciones en esta modalidad, los indicadores de notas promedio y asistencia a clases. Como trabajo futuro se considera para la próxima iteración de esta asignatura desarrollar material didáctico más variado, tanto en contenido como en formato, para la plataforma ARCO.

## REFERENCIAS

Angelo T.A., y Cross K.P. (1993). *Classroom Assessment Techniques*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.

Anderson L.W., y Krathwohl D. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.

Bonwell C, y Eison J. (1991). *Active Learning Creating Excitement in the Classroom* AEHE-ERIC Higher Education Report No 1. Washington D.C. Joseey-Bass.

Demaine E. (2014). <http://erikdemaine.org/> (Último acceso 12/08/2014).

Felder R.M., y Brent R. (2009). *Active learning: An introduction*. ASQ Higher Education Brief, 2(4).

L. Ferres, R. Medina, A.J. Rojas, J. Tapia (2014). "Experiencias en aprendizaje activo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción". SOCHEDI 2014, UdeC, Concepción, Chile.

Lage M.J., Platt G.J., y Treglia M. (2000). *Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment*. *The Journal of Economic Education* 31: 30-43.

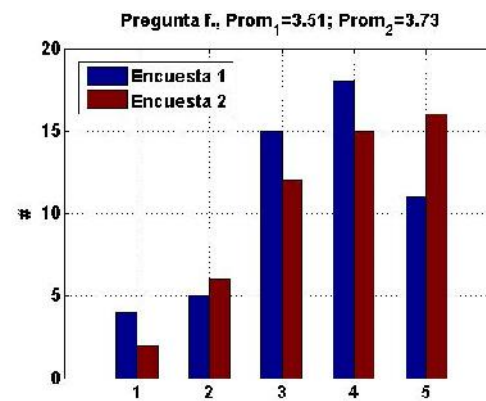
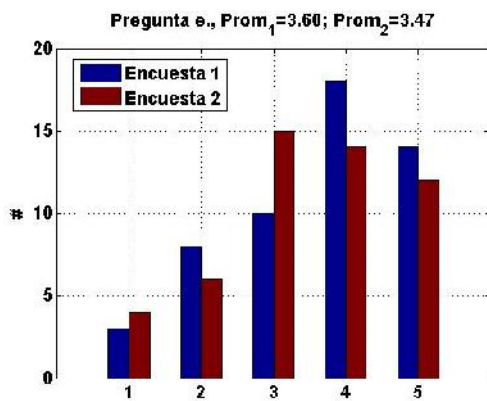
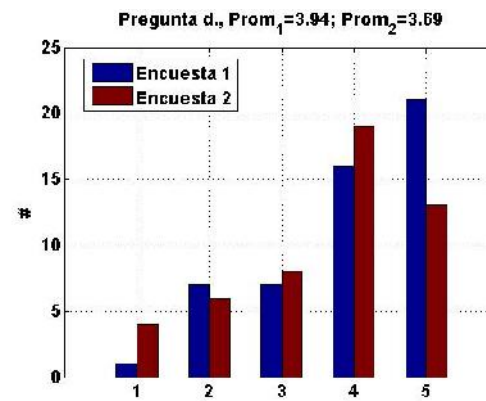
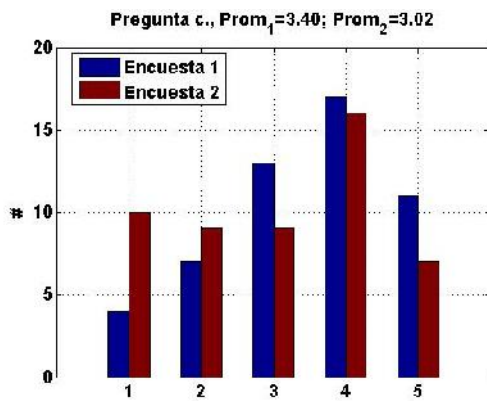
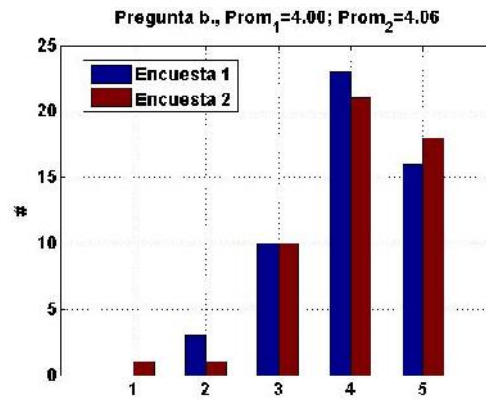
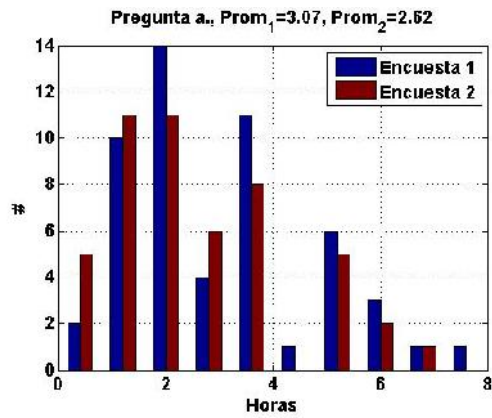
Mason G.S., Shuman T.R., Cook K.E. (2013). *Comparing the effectiveness of an inverted classroom to a traditional classroom in an upper-division engineering course*. *IEEE Transactions on Education*, 56(4), 430–435

Torp L., y Sage S. (1995). *El aprendizaje Basado en Problemas*. Amorrortu Editores, Argentina.

Walvoord B.E., y Anderson V.J. (1998). *Effective grading: A tool for learning and assessment*. San Francisco: Jossey-Bass.

**ANEXO**

**Encuestas Internas**





**Encuestas Docentes**

Tabla N° 4: encuesta docente 2014 y 2015.

	Nunca, o casi nunca %	Algunas Veces %	La mayoría de las veces %	Siempre o casi siempre %	No responde %
1. Muestra un conocimiento disciplinar sólido a través de la docencia, demuestra a los estudiantes su interés por la materia que imparte y responde con precisión a las preguntas de los alumnos.	<b>10</b>	<b>62</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
	<b>38</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>38</b>	<b>0</b>
2. Se ajusta al plan de trabajo previsto en la planificación y se aprecia coordinación con las actividades de las clases prácticas, laboratorios o clínicas.	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>67</b>	<b>5</b>
	<b>8</b>	<b>23</b>	<b>15</b>	<b>54</b>	<b>0</b>
3. Fomenta el aprendizaje independiente en los estudiantes y ofrece diferentes puntos de vista sobre un mismo tema.	<b>38</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
	<b>15</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>38</b>	<b>0</b>
4. Relaciona los contenidos con los temas que ya conocen los estudiantes, establece relaciones con otros conocimientos y experiencias, y cuando corresponde, utiliza ejemplos para ilustrar los contenidos.	<b>10</b>	<b>29</b>	<b>33</b>	<b>29</b>	<b>0</b>
	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>54</b>	<b>0</b>
5. Establece claramente los criterios para evaluar los conocimientos de los alumnos y los comunica oportunamente.	<b>19</b>	<b>10</b>	<b>33</b>	<b>38</b>	<b>0</b>
	<b>8</b>	<b>23</b>	<b>31</b>	<b>38</b>	<b>0</b>
6. Evalúa a sus alumnos de acuerdo con los resultados de aprendizaje establecidos en la planificación del curso.	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>29</b>	<b>38</b>	<b>5</b>
	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>0</b>
7. Sus evaluaciones concuerdan con el nivel de exigencia impartido.	<b>5</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>38</b>	<b>0</b>
	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>23</b>	<b>46</b>	<b>0</b>
8. Revisa de acuerdo a la pauta.	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>29</b>	<b>48</b>	<b>5</b>
	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>69</b>	<b>8</b>
9. Cumple con los horarios de clase, clínicas, atención de alumnos y otras actividades establecida	<b>5</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>52</b>	<b>5</b>
	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>0</b>
10. Entrega a través de la plataforma INFODA, los resultados de sus evaluaciones dentro de los plazos reglamentarios.	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>81</b>	<b>0</b>
	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>85</b>	<b>0</b>
11. Pone a disposición del alumno en forma oportuna los materiales de apoyo al aprendizaje.	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>43</b>	<b>0</b>
	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>23</b>	<b>69</b>	<b>0</b>
12. Mantiene una relación cordial y un trato respetuoso con los alumnos y otros miembros de la comunidad universitaria.	<b>14</b>	<b>38</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>0</b>
	<b>0</b>	<b>23</b>	<b>0</b>	<b>77</b>	<b>0</b>
13. En términos generales ¿le gustaría cursar otra asignatura con este profesor/a?	<b>19 (Sí)</b>			<b>81 (No)</b>	
	<b>38 (Sí)</b>			<b>62 (No)</b>	
14. En esta asignatura, del total de las clases impartidas, usted asistió a más del 50%.	<b>90 (Sí)</b>			<b>10 (No)</b>	
	<b>77 (Sí)</b>			<b>23 (No)</b>	

En verde resultados Encuesta Docente 2014, en blanco resultados Encuesta Docente 2015