

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA CYBERSYN EN EVALUACIÓN DE APRENDIZAJE ACTIVO EN INGENIERÍA

Alejandro Carvajal Díaz y Catalina Ramírez Cajiao
Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia)

Resumen

Este artículo presenta una aplicación de la metodología CyberSyn en la evaluación de aprendizaje activo en un curso de ingeniería en la Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia) y es producto de un proyecto de investigación de la Maestría en Ingeniería Industrial sobre evaluación de aprendizaje activo en ingeniería. Para ello, inicia con una revisión conceptual sobre aprendizaje y la metodología CyberSyn, continúa con la aplicación de la metodología a un caso particular y finalmente, se presentan las conclusiones y reflexiones.

Palabras clave: Aprendizaje activo, evaluación, sistemas de control, CyberSyn.

Abstract

This article depicts a concrete use case scenario for the CyberSyn Methodology, while assessing active learning in an engineering course the Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia). It is the outcome of our Master of Science program research about active learning in engineering. The paper begins with an overview of the CyberSyn Methodology followed by a concrete use case. Finally, we present our conclusions.

Keywords: Active learning, assessment, control systems, CyberSyn.

Introducción

En articulación con su propósito de “formar ingenieros capaces de dominar las ciencias básicas, las matemáticas y la tecnología para desarrollar conocimiento útil en la resolución de los problemas del país y de la sociedad en general” (Proyecto de Renovación de la Facultad de Ingeniería, 2005), la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, Bogotá

(Colombia), procura el desarrollo de mejores prácticas de apoyo al aprendizaje mediante la comprensión de los procesos del mismo. Así mismo, la Facultad afirma que “[es] necesario generar un conjunto de nuevas estrategias encaminadas a garantizar una evaluación oportuna, pertinente y continua en la cual el estudiante asuma un papel protagónico, dado que es él quien debe servirse de este instrumento” (Proyecto de Renovación de la Facultad de

Ingeniería, 2005, p15). Se hace pertinente entonces generar conocimiento sobre cómo se está recogiendo evidencia acerca del nivel de comprensión sobre un dominio de acción o el desarrollo de una habilidad.

Dentro del marco mencionado, se viene elaborando una propuesta de evaluación para ambientes de aprendizaje activo en ingeniería con base en la metodología CyberSyn. Esta propuesta de evaluación se aplicó, mediante una prueba piloto, en el curso Proyecto de Mitad de Carrera con Tecnologías de Información y Comunicación (PMC con TICs) que es tomado por estudiantes de pregrado en Ingeniería de Sistemas y Computación e Ingeniería Industrial entre el 5° y 6° semestre.

En el curso los estudiantes tienen la posibilidad de trabajar en equipos interdisciplinarios¹ de 5 integrantes. Cada equipo recibe el soporte de dos profesores (uno de Ingeniería Industrial y otro de Ingeniería de Sistemas y Computación) y un líder empresarial en TICs. Cada equipo de estudiantes propone y desarrolla un proyecto de ingeniería basado en innovación en TICs. Los proyectos son desarrollados a lo largo de dos semestres académicos y al final del proceso, los equipos presentan sus proyectos en una feria pública y en un concurso. Los ganadores del concurso continúan con la implementación del proyecto en el año siguiente y reciben recursos físicos y económicos de la Facultad de Ingeniería (Hernández & Ramírez, 2008).

Marco teórico

Illeris (2003) afirma que el aprendizaje incluye dos procesos: uno de interacción externo, que ocurre entre el aprendiz y su entorno social y cultural; y otro psicológico interno en el que nuevos impulsos (oportunidades de aprendizaje) son conectados con resultados de aprendizaje anteriores. El primer proceso relaciona el entorno y lo individual haciendo claridad en que el aprendizaje ocurre en la interacción entre el individuo y el contexto en el que se desarrolla. El segundo proceso es propio del aprendiz y permite la interacción entre dos dimensiones del aprendizaje:

cognitiva (contenidos y habilidades) y psicodinámica (sentimientos y motivaciones que proveen la energía mental necesaria para el aprendizaje). Estas dos dimensiones se completan con la dimensión social (comunicación y cooperación).

En la dimensión cognitiva el esfuerzo del aprendiz se orienta hacia la construcción de significados y habilidades para la vida práctica. Para ello, se requiere de la dimensión psicodinámica, en donde se asegura el balance mental del aprendiz y se desarrolla su sensibilidad personal. Estas dos dimensiones son iniciadas por impulsos generados en la interacción de los dos procesos de aprendizaje, por lo tanto, todo aprendizaje cognitivo está íntimamente relacionado con las emociones del aprendiz (“el aprendizaje es conducido por el deseo, el interés, la necesidad o la compulsión” (Illeris, 2003, p399); igualmente, el aprendizaje emocional está influenciado por el entendimiento (“nueva información puede cambiar las emociones o los sentimientos” (Illeris, 2003, p399). La interacción externa (participación, comunicación y cooperación) que permite la integración en comunidades y en la sociedad, es llamada por Illeris la dimensión social y necesita tomar lugar en las otras dos dimensiones (ver gráfico 1).

Gráfico 1. Los procesos y dimensiones del aprendizaje



Tomado y traducido de Illeris (2003)

En relación con los resultados del aprendizaje, se debe entender que son estructurados antes que retenidos. Esa estructuración requiere cuatro niveles de aprendizaje que se activan en diferentes contextos, implican diferentes resultados de aprendizaje y requieren mayor o menor energía (Illeris, 2003).

¹ Para el primer semestre de 2009 se tuvo una población conformada por 6 estudiantes de Ingeniería Industrial, 25 de Ingeniería de Sistemas y Computación, 7 de Ingeniería Electrónica, 1 de Ingeniería Eléctrica, 1 de Matemáticas y 1 de Física.

El primer nivel es el aprendizaje acumulativo y se presenta cuando un esquema o patrón es establecido; está caracterizado por la formación aislada de nuevos conocimientos, por lo tanto, es más frecuente durante los primeros años de vida, luego ocurre sólo en situaciones especiales donde se necesita aprender algo que no tiene mayor importancia personal. El aprendizaje resultante es automatizado y los conceptos son re-llamados y aplicados en situaciones mentales similares a la del contexto de aprendizaje.

El aprendizaje asimilativo (segundo nivel), significa que el nuevo aprendizaje es vinculado como una adición a un esquema o patrón ya establecido. El resultado de este aprendizaje se caracteriza por la vinculación de esquemas o patrones de manera que es fácil re-llamarlos y aplicarlos.

El tercer nivel es el de aprendizaje trascendente e implica romper parte de un esquema existente y transformarlo en una nueva situación que puede ser vinculada con el aprendizaje previo. El resultado está caracterizado por el hecho que lo aprendido puede ser re-llamado y aplicado en muchos contextos relevantes diferentes.

El último nivel de aprendizaje es el transformativo y está caracterizado por reestructuraciones simultáneas en las dimensiones cognitiva, emocional y social.

Adicional a lo anterior y de acuerdo con Illeris (2003), el aprendizaje ya no puede ser concebido como la mera adquisición de contenidos en un plan de estudios o un currículo. Al examinar las ofertas de empleo o al hablar con entrevistadores, se encuentra que las habilidades generales y las cualidades personales son importantes para la cualificación de un profesional, de hecho, en la vida diaria muchas habilidades y cualidades son esenciales para manejar funciones complejas (Illeris, 2003). Entonces, se considera que aquello que debe ser aprendido para el trabajo y la vida social es una totalidad compleja que incluye aprendizaje tradicional en términos de conocimientos, orientaciones y visiones, combinado con el desarrollo de habilidades profesionales y de la vida diaria como flexibilidad, mente abierta, independencia, responsabilidad, creatividad, entre

otras. En administración y también en educación, el concepto competencia ha empezado a utilizarse cada vez más para capturar dicha situación compleja. Esto es, para la teoría de aprendizaje y la práctica educativa, un evidente cambio hacia el desarrollo de un concepto de aprendizaje que es capaz de igualar este concepto.

Aprendizaje experiencial

El aprendizaje experiencial propone un marco para evaluar y fortalecer los vínculos fundamentales entre educación, trabajo y desarrollo personal y hace énfasis en la importancia del vínculo que puede desarrollarse entre el salón de clases y el ‘mundo real’ (Kolb, 1939).

Kolb (1939) menciona los aportes realizados por Lewin y Dewey al desarrollo del modelo de aprendizaje experiencial. El primero, se apoya en el concepto de realimentación (*feedback*). A partir de una experiencia concreta, se pueden realizar observaciones y reflexiones para formar conceptos abstractos y generalizaciones que puedan ser probadas y analizadas en nuevas situaciones o contextos. Esas pruebas y análisis conducirán a buscar nuevas experiencias reiniciando el ciclo.

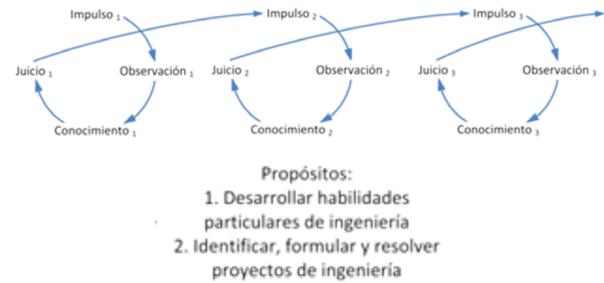
Para el caso del curso PMC con TIC, los estudiantes comienzan una experiencia concreta relacionada con el inicio de un curso en donde se pretende el desarrollo de habilidades de ingeniería; para el desarrollo de esas habilidades, el estudiante hace una inmersión en las oportunidades de aplicación de TIC mediante seminarios con líderes colombianos en TIC, revisiones de artículos y un taller experiencial de creatividad en TIC. En la siguiente etapa del ciclo, los estudiantes diseñan prototipos, escriben artículos y “pulen” sus concepciones acerca de TIC y la elaboración de proyectos de ingeniería. En la etapa final (comprobación de conceptos), los estudiantes se autoevalúan, reciben evaluaciones de pares y de empresarios y profesores como insumo para perfeccionar su trabajo y mejorar sus concepciones. Después de esto, los estudiantes vuelven a tener experiencias concretas en la presentación de sus proyectos en una feria pública y un concurso (ver gráfico 2).

Gráfico 2. Modelo de Lewin



Adaptado de Kolb (1939)

Gráfico 3. Modelo de Dewey



Adaptado de Kolb (1939)

El modelo propuesto por Dewey guarda similitud con el de Lewin pero profundiza aún más el concepto de realimentación. Dewey cambia los términos usados por Lewin y habla de impulsos para explicar que a través de éstos se generan observaciones y reflexiones que se convertirán en conocimiento; éste será probado y generará un nuevo impulso que reactiva el proceso. Este modelo puede verse como una espiral en donde, en cada vuelta, se va avanzando hacia la construcción de un aprendizaje más elaborado y profundo.

Nuevamente, en el caso de los estudiantes del curso PMC con TIC, éstos desarrollan permanentemente la espiral propuesta por Dewey en la medida en que se enfrentan a la observación de una problemática abordable desde la ingeniería e intentan encontrar soluciones utilizando aplicaciones de TIC. El conocimiento que desarrollan sobre la problemática que estudian y las soluciones que proponen se pone a prueba permanentemente por ellos mismos, por sus pares (compañeros de curso), empresarios y profesores, de esa manera, generan nuevos impulsos para dar una vuelta más en la espiral. Finalmente, los estudiantes deben alcanzar los propósitos planteados para el curso (ver gráfico 3).

Es interesante observar el principio de recurrencia en el curso PMC con TICs ya que los estudiantes desarrollan cada ciclo de manera individual, en forma grupal y finalmente, a lo largo del ciclo de cursos de PMC con TIC.

El aprendizaje como proceso

Illeris (2003) afirma que el aprendizaje debe entenderse como un proceso y no como la simple adquisición de contenidos. Igualmente, Kolb (1939, p26) establece que “las ideas no son elementos fijos e inmutables de pensamiento sino que son formadas y reformadas por la experiencia”. Así mismo, Piaget (1970) considera que “cada acto de comprensión resulta de un proceso de construcción continua de pensamientos en la interacción de los procesos de asimilación y acomodación; el aprendizaje es un proceso emergente donde los resultados representan sólo un registro histórico y no conocimiento” (citado por Kolb, 1939, p26).

De acuerdo con esto, el aprendizaje se concibe mejor como proceso y no en términos de resultados. Cuando un aprendiz comienza a desarrollar un proceso de aprendizaje, lo hace a partir de experiencias que le permiten generar conocimiento que puede refinarse a medida que se tienen más experiencias de aprendizaje, en palabras de Kolb (2003, p28), significa que el aprendizaje es modificable y ‘re-aprendible’.

Los modelos que se mostraron, implican que cada nuevo conocimiento, habilidad o actitud se alcanza mediante la confrontación de los cuatro niveles de aprendizaje; un aprendiz necesita cuatro tipos de habilidades diferentes: de experiencia concreta, de observación reflexiva, de conceptualización abstracta y de experimentación activa. Estas habilidades son,

respectivamente, la capacidad de: participar plena, abiertamente y sin prejuicios en nuevas experiencias; reflexionar y observar sus experiencias desde diferentes perspectivas; crear conceptos e integrar sus observaciones de manera lógica en las teorías; y usar esas teorías para tomar decisiones y resolver problemas (Kolb, 1939, p30).

Aprendizaje activo

“El aprendizaje puede ser visto como el proceso en el que el conocimiento es creado, a través de la experimentación” (Barros, Ramírez & Stradaioli, 2005). Barros et al. (2005) afirman que el aprendizaje se logra mediante la observación, la conceptualización abstracta y la experimentación activa. Y en ese sentido, el aprendizaje activo está orientado hacia la acción. El estudiante está en constante uso de sus sentidos y estos influyen en su aprendizaje. El aprendizaje activo se enfoca en habilidades de pensamiento como: análisis, síntesis y evaluación (Barros et al., 2005). En un ambiente de aprendizaje activo los estudiantes hablan, leen, escuchan, escriben, reflexionan, resuelven problemas, simulan, utilizan juegos de rol, casos de estudio, entre otros. Un ambiente de aprendizaje activo motiva a los estudiantes a aprender haciendo.

El aprendizaje activo tiene beneficios como centrar la clase en el estudiante, maximizar su participación en las actividades de clase, generar motivación en el estudiante y alentarlos a ir más allá de lo superficial (Bonwell & Eison, 1991; Ladousse, 1987; McKeachie, 1999; Schaftel & Schaftel; 1973 & Van Ments; 1994 citados en McCarthy, J.P. & Anderson, L., 2000).

Ahora, para el caso de ingeniería, Ramaswamy, Harris & Tschirner (2001) afirman que el aprendizaje activo es usado en múltiples contextos, por ejemplo, menciona que se desarrolla mediante el uso de ejercicios de solución de problemas interactivos, diseño de proyectos a lo largo de un semestre, ejercicios en equipo, casos de estudio, módulos instructivos, problemas del mundo real, entre otros. Estas actividades se fundamentan en aprendizaje activo para el desarrollo de habilidades de comunicación, trabajo en equipo y desarrollo intelectual (Ramaswamy et al., 2001).

Metodología CyberSyn

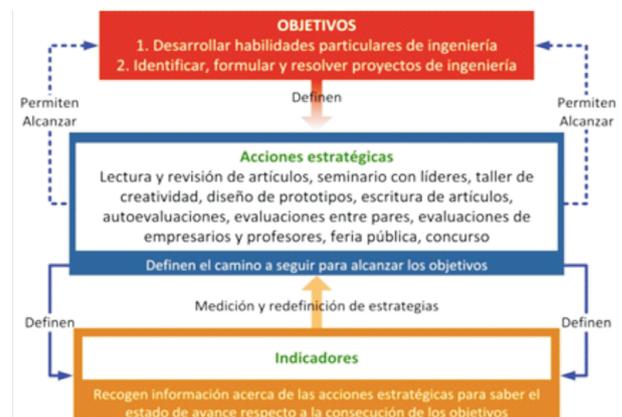
CyberSyn nació como un proyecto cibernético de aplicación durante el gobierno de Salvador

Allende en Chile. De acuerdo con Ulrich (1988), las principales ideas de CyberSyn fueron: el cerebro de la organización (un modelo neuro-cibernético), Cybernet (sistema de comunicación ‘en línea’ o ‘sistema nervioso’), Cyberstride (un software que permitiera la disminución de variedad) y la sala de operaciones (espacio físico diseñado para la toma de decisiones). La metodología CyberSyn se asimila al sistema nervioso humano. Así, se derivan tres principios: viabilidad, recurrencia y autonomía.

La viabilidad hace referencia a la búsqueda de un objetivo de auto-adaptación intrínseco, implica el desarrollo de control interno de cada una de las partes del sistema y la motivación externa de las mismas. El principio de recurrencia se refiere a la característica de poder representar cada nivel de desagregación del sistema en términos del mismo. Ulrich (1988), cita a Beer, quien afirma que el principio de autonomía permite balancear la responsabilidad sobre el sistema al permitir que cada parte esté a cargo de su propio proceso y generar un control central de apoyo y verificación basado en confianza.

CyberSyn, como metodología de sistemas de control, parte de la definición del sistema que se desea controlar; para ello, hace uso de la herramienta TASCOP² y se define la identidad del sistema. Con esos insumos, se definen los objetivos a alcanzar, se plantean estrategias que definan el camino a seguir para alcanzar los objetivos e indicadores e índices para tener información acerca de dichas estrategias; así podrán ser monitoreadas, controladas y se podrán tomar decisiones que permitan el alcance de los objetivos (ver gráfico 4).

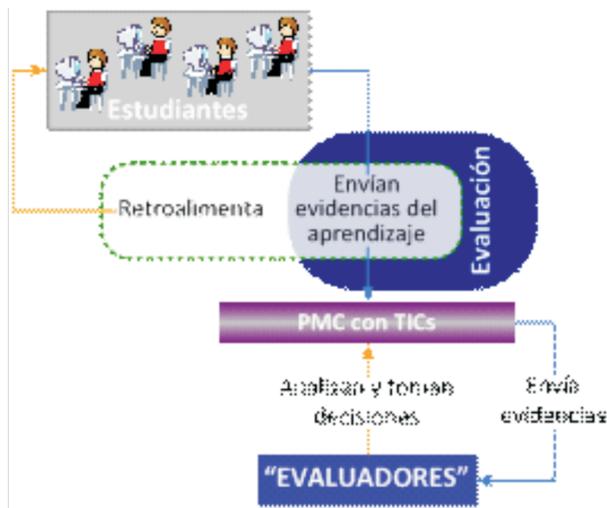
Gráfico 4. Modelo básico de un sistema de control



² Transformación, Actores, Suministradores, Clientes, Owners, Intervinientes

En la metodología CyberSyn, las empresas del Estado enviaban, a través de Cybernet, la información acerca de su operación mediante variables relevantes para controlar los procesos y la operación de las empresas. Para el caso de un proceso de aprendizaje activo, se puede generar una adaptación de CyberSyn pues, de acuerdo con Illeris, Kolb y Piaget, el aprendizaje se concibe mejor como un proceso y como tal, pueden aprovecharse las ventajas tecnológicas actuales que permiten la recolección y el procesamiento de información y la toma de decisiones que coadyuven al alcance de los objetivos del proceso de aprendizaje activo (ver gráfico 5).

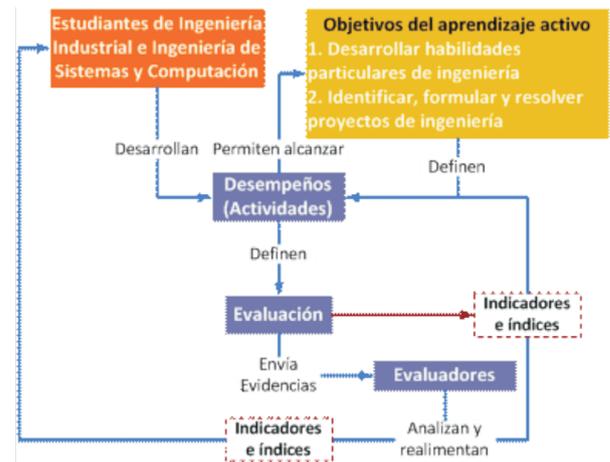
Gráfico 5. Adaptación de CyberSyn



Vínculo entre CyberSyn y el aprendizaje activo

Se ha descrito y mostrado la metodología CyberSyn a la luz de la teoría de sistemas de control. Ahora se vincula con el aprendizaje activo para entender el aporte que se generaría en su evaluación. Como lo muestra el gráfico 6, el estudiante desarrolla los desempeños (actividades) derivados de los objetivos de aprendizaje activo. Esos desempeños dan lugar a la evaluación (recolección y análisis de evidencias de aprendizaje). Así, se genera realimentación desde los evaluadores hacia el estudiante y hacia los desempeños.

Gráfico 6. Vínculo entre CyberSyn y el aprendizaje activo



De acuerdo con los modelos de aprendizaje mencionados, se generan impulsos que se desprenden de los desempeños propuestos para el ambiente de aprendizaje activo que permitirán la realización de observaciones, la generación de conocimiento, la aplicación de juicios y el desarrollo de nuevos impulsos. Así, este ciclo permite la realimentación que acompaña al aprendiz y que es realizada en colaboración con los evaluadores. El estudiante tiene ante sí un conjunto de desempeños para realizar y mediante su proceso de adquisición interna permitirá la interacción de la dimensión cognitiva al tener un acercamiento al conocimiento. Este último podrá ser apoyado y reforzado por la conexión emocional que establezca el estudiante. Así, en consistencia con el aprendizaje activo, el estudiante tendrá la posibilidad de apropiarse de su proceso de aprendizaje y desarrollar desempeños auténticos, que se conecten con su futuro quehacer profesional.

Ahora, la aplicación de CyberSyn al proceso de aprendizaje del estudiante se convierte en una herramienta para tomar decisiones, ajustar sus estrategias y alcanzar los objetivos del aprendizaje activo. Igualmente, el apoyo de los evaluadores (profesores, guías, etc.) será una herramienta para el aprendiz, que recibirá información relevante de éstos. Los evaluadores pueden tomar decisiones para el mejoramiento del ambiente de aprendizaje y pueden acompañar la toma de decisiones de los estudiantes con base en su experiencia y observaciones sobre el sistema.

De acuerdo con Beer (citado por Ulrich, 1989), la autonomía es “la respuesta cibernética a la dicotomía entre centralización y descentralización en las organizaciones...” y afirma también que “el principio [de autonomía]...se puede determinar... en función del mínimo control jerárquico requerido para mantener el desempeño promedio del sistema entre límites definidos” (Ulrich, 1989). Schwaninger (2006, p29) describe la autonomía como la habilidad de autocontrol de un sistema incluyendo la adaptación y ajuste de los propios objetivos y habla acerca del control extrínseco (o cibernética de primer orden) y el intrínseco (cibernética de segundo orden).

Para el modelo de evaluación, es importante reconocer la necesidad de generar autonomía en los estudiantes. Esto es consistente con el aprendizaje activo y con el principio de autonomía definido por Beer y reforzado por Schwaninger. Un estudiante que asume una posición crítica y reflexiva respecto a su proceso de aprendizaje, es capaz de realizar autónomamente, con algunos elementos de control extrínseco, ajustes para alcanzar los objetivos de aprendizaje.

Aplicación de la metodología CyberSyn

Definición e identidad del sistema

Los programas de pregrado en ingeniería de la Universidad de los Andes incorporan tres espacios en los que se concede una atención especial al desarrollo de proyectos de Ingeniería. Estos espacios son: el curso Introducción a la Ingeniería³, el Proyecto de Mitad de Carrera y el curso Proyecto de Grado.

De acuerdo con la Facultad, el curso proyecto intermedio “busca que el estudiante se enfrente a un contexto diferente al del aula de clases” (Proyecto de Renovación de la Facultad de Ingeniería, 2005, p31). En ese sentido, la Facultad ha dispuesto diferentes alternativas para que los estudiantes desarrollen su proyecto de mitad de carrera. Una de ellas es el Proyecto de Mitad de Carrera con Tecnologías de Información y Comunicación (PMC con TIC). Este curso será el que ocupe la atención de la aplicación

³ Existe un curso de Introducción a Ingeniería para cada uno de los programas de pregrado que ofrece la Facultad (Industrial, Química, Sistemas y Computación, Civil, Ambiental, Mecánica, Eléctrica y Electrónica) y un curso especial de Introducción a Ingeniería General.

de la metodología CyberSyn que se presenta en este artículo.

Para comenzar con la aplicación de la metodología, se parte de la definición del meta-sistema y del sistema utilizando la herramienta TASCOTI. Estas definiciones se presentan en las tablas 1 y 2 respectivamente.

Tabla 1. TASCOTI para el meta-sistema

Transformación				
El Proyecto de Mitad de Carrera busca que los estudiantes de pregrado en Ingeniería observen situaciones problemáticas abordables desde la Ingeniería; diseñen soluciones a problemas de Ingeniería; simulen proyectos de ingeniería con base en observaciones y diseños y realicen actividades que les permitan desarrollar las competencias en los estudiantes deseados en un ingeniero propuestas por ABET y aceptadas por la Facultad.				
Actores	Suministradores	Clientes	Owners	Intervinientes
<ul style="list-style-type: none"> Estudiantes Profesores Coordinadores de pregrado Directores de departamento Vicedecano de pregrado Decano 	<ul style="list-style-type: none"> Departamentos de Ingeniería Profesores Coordinadores de pregrado 	<ul style="list-style-type: none"> Estudiantes Sociedad 	<ul style="list-style-type: none"> Coordinadores de pregrado Directores de departamento Profesores 	<ul style="list-style-type: none"> Reforma curricular Políticas de la Universidad CONACES Ministerio de Educación Nacional ABET
<p>Qué: Mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería en el curso Proyecto de Mitad de Carrera. Cómo: Mediante la incorporación de elementos de aprendizaje activo en los ambientes de aprendizaje del Proyecto de Mitad de Carrera. Para qué: Para lograr que los estudiantes de Ingeniería desarrollen las competencias propuestas por ABET en el marco del curso PMC</p>				

Tabla 2. TASCOTI para el sistema

Transformación				
El Proyecto de Mitad de Carrera con Tecnologías de Información y Comunicación (PMC con TICs) busca que los estudiantes de pregrado en Ingeniería Industrial y en Ingeniería de Sistemas y Computación observen, diseñen y simulen proyectos de Ingeniería que les permitan desarrollar competencias de: i) trabajo en equipo, ii) identificación, formulación y resolución de problemas, iii) comunicación efectiva y iv) comprensión y conocimiento sobre el contexto contemporáneo.				
Actores	Suministradores	Clientes	Owners	Intervinientes
<ul style="list-style-type: none"> Estudiantes Profesores Empresarios 	<ul style="list-style-type: none"> Profesores Empresarios 	<ul style="list-style-type: none"> Estudiantes Sociedad 	<ul style="list-style-type: none"> Profesores Coordinadores de pregrado 	<ul style="list-style-type: none"> Departamentos de Ingeniería Industrial e Ingeniería de Sistemas y Computación Facultad
<p>Qué: Mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes del curso PMC con TICs. Cómo: Mediante la práctica de aprendizaje activo en el curso y la metodología OCDDO. Para qué: Para lograr que los estudiantes de Ingeniería Industrial e Ingeniería de Sistemas y Computación desarrollen competencias de trabajo en equipo; identificación, formulación y resolución de problemas; comunicación efectiva; y comprensión y conocimiento sobre el contexto contemporáneo.</p>				

Objetivos y factores estratégicos del sistema

Una vez establecida la identidad del sistema, se definen los objetivos a alcanzar y se identifican los factores estratégicos; estos últimos permiten definir el camino a seguir para lograr el éxito en el sistema es decir, alcanzar los objetivos planeados (ver tabla 3).

Ahora, con base en los factores estratégicos, se definen los indicadores y los índices; con ellos, se podrá capturar información acerca del sistema y establecer el control y la toma de decisiones. En el caso del sistema objeto de estudio, se podrá controlar y tomar decisiones sobre el aprendizaje activo de los estudiantes de tal manera que se consigan los cuatro objetivos definidos para el curso PMC con TIC.

Tabla 3. Objetivos y factores estratégicos del sistema

Objetivos	Factores estratégicos
<i>An ability to function on multidisciplinary teams</i>	<ul style="list-style-type: none"> Sostenibilidad de grupos Habilidad para asignación y cumplimiento de tareas
<i>An ability to identify, formulate, and solve engineering problems</i>	<ul style="list-style-type: none"> Identificar problemáticas abordables desde la Ingeniería Formular problemas de Ingeniería Resolver problemas de Ingeniería
<i>An ability to communicate effectively</i>	<ul style="list-style-type: none"> Presentaciones escritas Presentaciones orales Comunicación con empresario Comunicación con el equipo de trabajo Comunicación con Profesores
<i>A knowledge of contemporary issues</i>	<ul style="list-style-type: none"> Incorporación de herramientas de Ingeniería contemporáneas en el desarrollo del proyecto

Indicadores e índices

Como se dijo en la sección anterior, los indicadores e índices permitirán presentar la información acerca del sistema (PMC con TIC) y poder ejercer control y toma de decisiones sobre el mismo; estos indicadores pueden ser de eficacia o eficiencia. Los primeros “se enfocan en el control de los resultados del sistema... [mediante la evaluación de] la relación entre la salida y el valor esperado... del sistema” (Bahamón, 2003, p.80) en tanto los de eficiencia “se enfocan en el control de los recursos o las entradas del sistema... [esto significa que evalúan la relación entre los recursos y su grado de aprovechamiento [en] los procesos o actividades del sistema” (Bahamón, 2003, p.80).

Ahora, con base en el resultado de los indicadores se calculan índices de logro que hacen referencia a los resultados actuales del sistema (Beltrán & Espinoza, 2000, p7), índices de latencia que se refieren a los compromisos reales respecto a los compromisos adquiridos (Beltrán & Espinoza, 2000, p7) y de desempeño que capturan el “balance entre los índices de logro y latencia” (Beltrán & Espinoza, 2000, p7).

Para el caso del curso PMC con TICs, se definieron indicadores para cada uno de los factores estratégicos. Cada uno de estos indicadores es recolectado mediante instrumentos de observación que se utilizan en diferentes momentos en el curso. En la tabla 4 se presenta un ejemplo de los indicadores definidos para uno de los objetivos del sistema PMC con TICs y en la tabla 5 se presenta un ejemplo de la hoja de vida de los indicadores del sistema PMC con TICs.

Tabla 4. Ejemplo de indicadores para un objetivo del sistema PMC con TICs

Objetivo	Factores estratégicos	Indicadores
<i>An ability to communicate effectively</i>	• Presentaciones escritas	<ul style="list-style-type: none"> • Claridad en la definición de objetivos • Evidencia de un proceso de investigación • Ortografía, redacción, lenguaje técnico • Claridad en la utilización de información gráfica (diagramas)
	• Presentaciones orales	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo de tiempo • Calidad del material de apoyo • Utilización de lenguaje técnico • Claridad en la definición de objetivos • Evidencia de un proceso de investigación

Tabla 5. Ejemplo de hoja de vida para los indicadores del sistema PMC con TICs

Objetivo	<i>An ability to communicate effectively</i>			
Factores estratégicos	Presentaciones orales			
Indicador	Claridad en la definición de objetivos			
Categoría	Eficacia	Rango	[1, 5]	Unidad de medida
				Escala de valoración de acuerdo a matriz de evaluación
Forma de cálculo	$\frac{\sum_{i=1}^n \text{Calificación obtenida por el grupo } i}{\text{Número de grupos en el curso}}$			
Forma de recolección de información	Información proveída por el equipo docente del curso PMC con TICs			
Interpretación	Grado promedio de claridad en la definición de objetivos de acuerdo a la matriz de evaluación			

Conclusiones

De acuerdo con los modelos de Dewey y Lewin, al entender el aprendizaje como un proceso y al aplicar la metodología CyberSyn a su evaluación, se puede generar una herramienta de control que permite a los actores relevantes del proceso contribuir a la consecución de los objetivos de un ambiente de aprendizaje activo en Ingeniería.

Ese aporte que genera cada actor relevante se puede entender desde la teoría sistémica en la que fundamenta CyberSyn. Así, cada actor hace un aporte para, en los indicadores de gestión, agregar y generar información del conjunto de estudiantes que toman un curso; esto significa que el modelo de evaluación que se propone busca que el conjunto de estudiantes alcancen un nivel deseado de desarrollo de competencias o habilidades. En el caso del curso PMC con TIC se buscan dos objetivos y el modelo de evaluación planteado permite que el grupo busque conjuntamente alcanzar un nivel deseado respecto a esos objetivos. Para ello, se agrega la información de todos los estudiantes con el objetivo de que cada uno reconozca el aporte que hace a ese indicador y pueda tener información para mejorar su aprendizaje.

Ahora, cuando se relaciona el aprendizaje activo con la metodología CyberSyn, se puede encontrar un punto de convergencia importante al identificar a los actores relevantes del proceso de aprendizaje (sistema PMC con TIC) para entender el papel que desempeña cada uno de ellos y capturar el aporte que hace al ambiente de aprendizaje activo y al alcance de los propósitos (objetivos) del sistema mediante la construcción de indicadores e índices que capturan la información sobre el sistema y lo realimentan para permitir a los actores relevantes implementar estrategias que les permitan mejorar los indicadores y acercarse a los objetivos del sistema.

Finalmente, queda por mencionar que la aplicación de la metodología en el curso PMC con TIC se encuentra en la fase de medición de la primera etapa del curso. Durante el segundo semestre de 2009, el equipo investigador pondrá en funcionamiento la herramienta en la segunda etapa del proyecto. De esa manera, se tendrá información para evaluar el modelo, presentar los resultados finales de la aplicación y realizar los ajustes a que haya lugar.

Referencias

- Bahamón, J.H. (2003). Construcción de indicadores de gestión bajo el enfoque de sistemas. *Sistemas & Telemática*, 1, 77-87. Recuperado el 5 de marzo de 2009 del sitio web de Dspace ICESI: https://dspace.icesi.edu.co/dspace/bitstream/item/383/1/jbahamon_const-ind-gestion.pdf.
- Barros R., Ramírez, C. & Stradaoli, K. (2005). Learning of the relation between communication structures and organizational strategies and organizational effectiveness by the means of an active methodology. Documento no publicado.
- Beltrán, M.A. & Espinoza, A.M. (2000). *Software educativo para el diseño de indicadores de gestión-SEDIG*. Tesis de maestría no publicada. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. Recuperado el 5 de marzo de 2009, de <http://hdl.handle.net/1992/505>.
- Carvajal, A. & Ramírez, C. (2008). Diseño de un modelo de evaluación para un ambiente de aprendizaje activo en ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 6, 11-19. Recuperado el 9 de marzo de 2009, de http://site430.mysite4now.net/acofivirtual/revista/revista6/2008_II_25.pdf.
- Hernández, J.T. & Ramírez, M.C. (2008). Innovation and teamwork training in undergraduated engineering education. The fair and the contest: milestones of innovation. Designing and implementing an active and equitable engineering education. Proceedings of eighth international workshop ALE2008 Universidad de los Andes, June 2008 Bogotá Colombia.
- Illeris, K. (2003). Towards a contemporary and comprehensive theory of learning. *International Journal of Lifelong Education*, 22, (4), 396-406.
- Kolb, D. (1999). *Experiential Learning: Experience as the source of learning and development*. New Jersey, United States of American: Prentice Hall.
- McCarthy, J.P. & Anderson, L. (2000). Active learning techniques versus traditional teaching styles: Two experiments from history and political science. *Innovative Higher Education*, 24, (4), 279-294.
- Ramaswamy, S., Harris, I. & Tschirmer, U. (2001). Student peer teaching: An innovative approach to instruction in science and engineering education. *Journal of science education and technology*, 10, 2, 165-171.
- Ulrich, W. (1989). Una crítica al pensamiento cibernético: La experiencia chilena (Proyecto CyberSyn) (G. González, E. Lleras & M. Wiesner, Trads.) Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes. (Trabajo original publicado en 1988).
- Universidad de los Andes (2005). Proyecto de renovación de la Facultad de Ingeniería. Documento no publicado.

Sobre los autores

Alejandro Carvajal Díaz

Estudiante de Maestría en Ingeniería Industrial e Ingeniero Industrial con opción en educación de la Universidad de los Andes. Actualmente es Asistente en el Departamento de Ingeniería Industrial en la Universidad de los Andes. Universidad de los Andes. Bogotá (Colombia). Carrera 1ª Este No. 19A - 40. Tel.: 339 49 49 / 99 Ext.: 3859. j-carvaj@uniandes.edu.co.

Catalina Ramírez Cajiao

PhD in Management, Economics and Industrial Engineering del Politecnico di Milano, Magíster en Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes e Ingeniera Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana. Actualmente trabaja como Profesor Asistente y Coordinadora del Programa de Ingeniería General en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes. Universidad de los Andes. Bogotá (Colombia). Carrera 1ª Este No. 19A - 40. Tel.: 339 49 49 / 99 Ext.: 3733. mariaram@uniandes.edu.co.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.