

# Educación para el desarrollo sustentable en Ingeniería Civil de la FRBB-UTN

Eduardo. Bambill, Laura Amado, Mariela Bukosky, Cecilia Montero, Daniel Perez  
*Departamento de Ingeniería Civil, Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional. ebambill@frbb.utn.edu.ar*

**Resumen**— En este trabajo se exponen las ventajas del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como una metodología flexible para introducir e integrar saberes ambientales de la carrera de Ingeniería Civil, en la Facultad Regional de Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional.

Se analiza el contexto general de la carrera, en la que la mayoría de sus docentes no posee una preparación pedagógica adecuada para emprender la formación ambiental. El ABP viabiliza en el aula ejemplos reales de la profesión, que favorecen considerar las cuestiones sociales, ambientales, económicas y éticas de los proyectos de ingeniería civil. El ABP estimula el pensamiento crítico de los alumnos en relación a los factores ambientales, permite percibir los impactos que las obras de ingeniería civil producen, y contribuye a asumir un compromiso ético a favor del desarrollo humano sustentable.

Se presentan los resultados de la aplicación de la metodología en una asignatura de la carrera.

**Palabras clave**— sustentabilidad, saberes ambientales, ética, ingeniería civil.

## I. INTRODUCCIÓN

La construcción de las obras de Ingeniería Civil impacta fuertemente en los recursos, los residuos, las emisiones, la biodiversidad, el paisaje, las necesidades sociales, el desarrollo económico, etc. Por esta razón, se observa hoy en día la creciente demanda, de que los criterios de sustentabilidad estén presentes en casi todos los campos de acción de esta profesión [1], [2].

El ingeniero civil actual, debe estar dispuesto a comprometerse activamente en la discusión y la definición de políticas económicas, sociales y tecnológicas, que contribuyan a guiar a la sociedad hacia un desarrollo más sustentable. Debe ser también, susceptible de auscultar las demandas de los ciudadanos, para propiciar que ellos tengan voz en el desarrollo de las nuevas tecnologías e infraestructuras. El nuevo rol que se exige al profesional, se esquematiza en la Figura 1.

Les incumbe obligadamente a las universidades, incorporar la sustentabilidad en la solución de los problemas de Ingeniería Civil [3], [4], [5]. Ya no alcanzan únicamente los medios tecnológicos para resolverlos; se requiere además, la participación de los valores y las actitudes del profesional en relación a su medio. Esto involucra factores sociales, económicos, culturales y morales.

La incorporación de saberes ambientales en la carrera busca su inclusión temprana, articulada e integrada, orientada a estimular el pensamiento crítico con relación a la interacción sistémica de factores ambientales; la prevención y estudio de los impactos ambientales producidos por las obras de ingeniería civil; y la necesidad de comprometerse en pos del desarrollo sustentable [6].

En este trabajo se exponen sucintamente las ventajas que posee el método de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), [7], [8], como metodología didáctica para implementar saberes ambientales en la carrera de Ingeniería Civil. Su aplicación para el dictado de algunos contenidos de la asignatura *Sustentabilidad en Ingeniería*, viabiliza no solo una adecuada transferencia de esos conocimientos, sino que también, contribuye significativamente, a que los alumnos comprendan mejor las consideraciones sociales, ambientales, económicas y éticas asociadas a los proyectos de ingeniería civil.

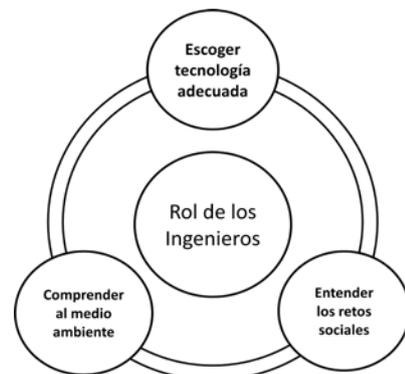


Figura 1. Rol de los Ingenieros en la sociedad. Basado en What do engineers need to learn about sustainable development.

La formación de ingenieros civiles [9], requiere no solo integrar los conocimientos propios de la profesión en los procesos de enseñanza-aprendizaje, sino también, actitudes, habilidades y valores congruentes con la sustentabilidad. Por lo tanto, la nueva formación demanda incorporar disciplinas de las ciencias sociales y de las humanidades. Se debe además, promover el trabajo en equipos multidisciplinarios, fomentar la reflexión, estimular el pensamiento crítico y sistémico, reforzar el enfoque holístico, fomentar el espíritu ciudadano en los profesionales para que puedan asumir un compromiso de participación social responsable, y que sean además, conscientes del desafío que suscita la globalización.

## II. CONCEPCIÓN DE SUSTENTABILIDAD

Como nuevo concepto emergente, el término *sustentabilidad* requiere de la *reflexión ética*, para permitir una mejor vinculación entre la sociedad y su entorno, diferente a la que se ha venido acuñando bajo el paradigma de crecimiento económico ilimitado, actualmente imperante. Desde la concepción de la carrera, la sustentabilidad implica los criterios mostrados en la Figura 2.

Asumido lo anterior, la didáctica a implementar no se puede reducir al simple *método para enseñar*, puesto que el desarrollo hacia la sustentabilidad, necesariamente exige que la práctica pedagógica promueva acciones que

desborden la mera formación técnica profesional. El objetivo es lograr alcanzar la total dimensión de la persona en el estudiante, para que a partir de una toma de conciencia individual, profunda y sincera, el futuro profesional sea capaz de concebir la realidad a partir de su propio sentir, pensar y hacer responsables.

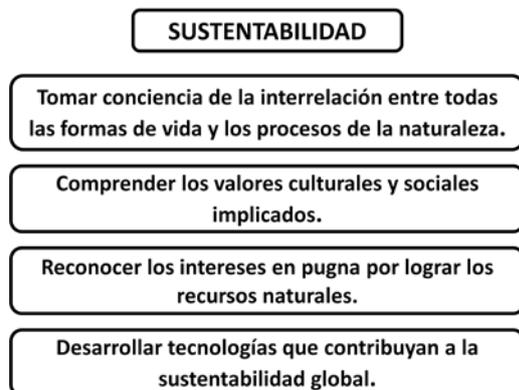


Figura 2. Criterios de sustentabilidad.

### III. CONTEXTO GENERAL DE LA CARRERA

Se asume que las cuestiones ambientales en la carrera de Ingeniería Civil, se emprenden todavía de manera parcial e insuficiente, estableciéndose la necesidad de incentivar y profundizar la educación y formación ambiental. Esto exige la transformación del modelo de enseñanza tradicional, basado en la acumulación de conocimientos y la clase magistral (Figura 3), en la cual el Profesor es quien proporciona la información correcta que debe ser memorizada por los estudiantes. Esta situación ignora el hecho de que los estudiantes poseen métodos de aprendizaje e interacción, aprendidos la mayoría de ellos fuera del ámbito universitario, y que resultan además, ajenos a los Profesores. Por lo tanto, uno de los mayores desafíos del cuerpo docente, es encontrar el modo de involucrar en sus clases, a estos expertos en redes sociales, obsesionados con sus teléfonos inteligentes y navegantes errantes por los mares de Internet.

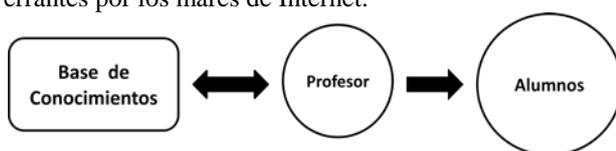


Figura 3: Modelo de enseñanza tradicional.

Sucintamente, y sin pretender describir la compleja realidad que caracteriza al estudiante de la carrera, es posible admitir que los estudiantes de hoy en día, están habituados al acceso instantáneo a la información, razón por lo cual, no les resulta imprescindible la participación de un profesor para acceder al conocimiento [10].

Tienden a quedar atrás las bibliotecas y las búsquedas tediosas de información, cuando el vasto universo del saber queda al alcance de un simple *click* de distancia. El mensaje de texto, como el modo más popular de comunicación, y la participación en las redes sociales, promueven la interacción en tiempo real [11] e instalan la premura por obtener resultados casi de inmediato.

La formación cultural que se irradia desde el mismo seno de la sociedad, favorece un perfil que se caracteriza por ser creativo, ciertamente arriesgado, con una fuerte tendencia a la espontaneidad y proclive a competir. Esto garantiza que el luego devenido estudiante de grado en la Universidad, se

involucre totalmente y sin prejuicios para abordar experiencias nuevas, sea entusiasta y adhiera a la tendencia de actuar primero y pensar después; que guste de intervenir rodeado de otros como él.

Los estudiantes valoran la colaboración entre ellos, y esto define un aspecto fundamental de su entorno de aprendizaje ideal [12]. Como resultado, los estudiantes prefieren investigar los temas en equipos, con el Profesor actuando como facilitador del aprendizaje, en lugar del clásico modelo centrado en el docente.

Los aspectos recién mencionados, suelen ser ignorados por la mayoría de los docentes, ya sea porque son apenas percibidos, o bien, porque su desconocimiento de adecuadas estrategias didácticas, no les permite utilizarlos como recursos, para que sus clases sean más emocionantes y participativas. Como consecuencia de ello, los docentes se refugian en la clase magistral, y aunque hayan cambiado la tiza y pizarrón por el cañón digital, no procuran extenderse más allá de los contenidos fijados en el Plan Anual de sus asignaturas. Se detecta también, que existe una resistencia casi unánime a aplicar una concepción diferente de la igualdad de oportunidades en el aula [13], [14]; cuesta reconocer que los alumnos sean capaces de desplegar expresiones de inteligencia diferentes [15], [16], y que por lo tanto, posean distintos modos de aprender [17].

La sintética situación descrita, dificulta consolidar nuevas bases para un diseño curricular más diverso y comprometido con el desarrollo sustentable, que sea capaz de evolucionar hacia un modelo más integrador, sistémico, complejo, crítico y social en la enseñanza de la ingeniería civil.

### IV. SUSTENTABILIDAD EN INGENIERÍA

Esta asignatura ha sido propuesta a fin de brindar a los estudiantes de ingeniería civil, la oportunidad de alcanzar mejor las metas del perfil del egresado. El objetivo es lograr que los estudiantes integren y apliquen aprendizajes relacionados con el entorno social y natural; refuercen, articulen y apoyen el desarrollo de proyectos transversales que se derivan del mismo currículo; fortalezcan contenidos específicos que les permitan ser promotores del cambio social, con capacidad de innovación al servicio del desarrollo sustentable, e impulsen actividades de la profesión relacionadas con situaciones y problemas particulares de la región.

La materia está ubicada en el 3<sup>er</sup> Nivel de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad Regional de Bahía Blanca (FRBB) (UTN).

#### A. Objetivos

A fin de investigar la aplicación del ABP como técnica didáctica en el ámbito del aula, se decidió implementar esta metodología en el dictado del contenido *construcción sustentable de edificios urbanos, en la etapa de proyecto*, correspondiente al Programa de la asignatura. El tema se refiere a la determinación de los diferentes impactos producidos por un edificio urbano tipo, en sus etapas de proyecto y construcción, a fin de poder reducirlos de manera significativa, o bien eliminarlos.

#### B. Actividades propuestas.

Se propone a los estudiantes que analicen un edificio en su etapa de proyecto, elaborado por un Estudio de Ingeniería de Bahía Blanca, con la intención de evaluar su sustentabilidad, tanto en su etapa de proyecto como durante

su construcción, mediante la aplicación de una herramienta que permite estimar en forma predictiva su sustentabilidad.

Como metodología de trabajo se utilizan las Normas Internacionales (*Leadership in Energy and Environmental Design - LEED*) [18], Esta herramienta, permite que los alumnos identifiquen, prioricen y seleccionen las variables más importantes del proyecto. Este proceso de individualización de las variables mencionadas, permite examinar el proyecto en sus etapas más tempranas (planificación y diseño de alternativas y selección de la solución definitiva) y en la etapa de construcción

El Estudio de Ingeniería provee toda la documentación inherente al proyecto: planos, detalle de las exigencias locales cumplimentadas ante la Municipalidad, memorias descriptivas, memorias constructivas, memoria de estructuras, planillas, etc. Profesionales del mencionado Estudio, habrán de exponer también ante los estudiantes, las características del proyecto para darlo a conocer en detalle. Brindarán su asistencia durante todo el proceso, respondiendo vía correo electrónico las consultas que efectúen los estudiantes.

Como reto fundamental se plantea a los alumnos, que luego del análisis que efectúen, propongan al Estudio un conjunto de alternativas y modificaciones, que permitan mejorar la sustentabilidad del proyecto. Los estudiantes, divididos en grupos, habrán de presentar su propuesta en un Informe Técnico que remede la práctica profesional.

Finalmente, los estudiantes exponen ante el Grupo Desarrollador y el resto de la clase, como aplicaron la herramienta *LEED* para certificar el grado de sustentabilidad del proyecto y acompañan con la propuesta las mejoras que sugieren.

La exposición se efectúa en la sala de Videoconferencias de la Facultad, con una presentación en Power-point. Indefectiblemente, los alumnos deben presentar en esta oportunidad, sus reflexiones éticas sobre el proyecto en cuanto a su sustentabilidad.

Al concluir la exposición, el Grupo Desarrollador realiza una primera devolución a los estudiantes. Una segunda devolución tiene lugar, al finalizar el cursado. El Estudio presenta un informe final, que es expuesto por sus profesionales en clase, y donde indican además, cuáles de las propuestas elaboradas por los alumnos, podrán ser consideradas e incluidas en el proyecto.

### C. Rol de los docentes.

La acción de los docentes está centrada en organizar la comunicación y consecución de fines compartidos en el aula, contribuyendo a establecer los roles que desempeñan los actores en ese ámbito, y también a resolver los conflictos de poder y de negociación en la toma de decisiones a medida que vayan surgiendo.

Los docentes también acompañan a los grupos de estudiantes, brindando asesoramiento ante las dificultades, y sugiriendo posibles soluciones. Estas ayudas se van eliminando gradualmente, hasta que los estudiantes se experimentan capaces de elaborar y ejecutar su propuesta por sí mismos, luego de adquirir un enfoque inter y transdisciplinario. Los docentes actúan como mediadores y facilitadores en la construcción de la realidad de la profesión en el aula.

### D. Estudiante autogestor de su conocimiento

El estudiante es el principal artífice de su propio aprendizaje. El aula se conforma como el espacio en el que

los estudiantes participan y se comprometen, actuando los docentes como guías. Se promueve que los alumnos investiguen por su propia cuenta la bibliografía que ha sido dispuesta; encuentren como un conocimiento se relaciona con otros, especialmente con aquellos que ya disponían previamente; que propongan conclusiones, etc.

### E. Habilidades integradoras y de grupo

Las discusiones grupales brindan oportunidad para la reflexión y la crítica, y permiten desplegar y desarrollar ciertas habilidades sociales, que a la hora de propender hacia la sustentabilidad, favorecen su tratamiento. Mencionamos como tales, la aceptación de puntos de vista diferentes al propio, la escucha activa [19], respetar la diversidad de opiniones, discutir fundadamente, propiciar la tolerancia, etc.

Las técnicas mencionadas animan al alumno a realizar preguntas, a formular respuestas, así como a deducir principios a partir de ejemplos prácticos o experiencias [20].

En la búsqueda de las soluciones, los alumnos deben administrar su tiempo, realizar el análisis, la síntesis y la evaluación de sus propuestas, comunicarse tanto en forma oral como escrita, tomar y compartir decisiones, etc.

### F. Enseñanza polifacética, multidisciplinaria y holística

La participación en clase del Equipo Desarrollador, le confiere al ABP mayor realismo, y moviliza fuertemente a los alumnos. El Estudio, externo al ámbito de la universidad, influye decisivamente en cómo se percibe el problema real, a partir de sus demandas, necesidades, preferencias y puntos de vista. La integración de distintos actores, permite superar el tradicional proceso disciplinario e interdisciplinario del aula tradicional, para dar paso a una actividad transdisciplinaria más rica y compleja. Esta circunstancia se representa en la Figura 4:

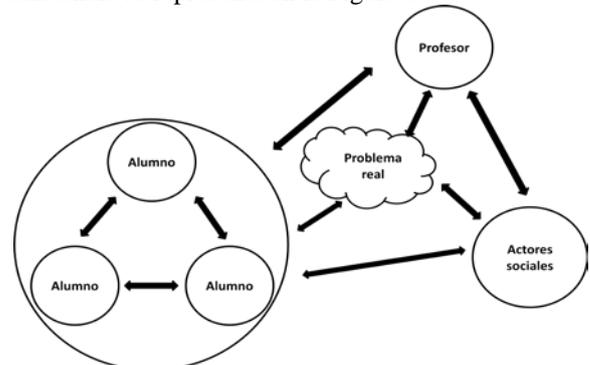


Figura 4: Modelo de enseñanza hacia la sustentabilidad.

Se logra así una aproximación transdisciplinaria, en la que los docentes, los alumnos y los profesionales del Estudio de Ingeniería, conforman una comunidad en la que el proceso de aprendizaje tiene lugar. El análisis supera así lo estrictamente técnico y científico. La integración del conocimiento desde diferentes fuentes se torna muy significativa, al diluirse la frontera entre el conocimiento científico propiamente dicho y los intereses de los actores sociales. La aplicación del ABP permite la integración de varios tipos de conocimientos y desde distintas miradas. De este modo, la *realidad lograda* [21], es el resultado de la yuxtaposición de diferentes pareceres, que son negociados e integrados durante todo el proceso.

### G. La ética como piedra angular

Una de las etapas de evaluación, consiste en que los alumnos expongan ante el grupo desarrollador del proyecto, sus apreciaciones y sugerencias a fin de optimizar el índice de sustentabilidad a lograr según la metodología LEED. Las soluciones propuestas por los alumnos, deben mostrar la existencia de un equilibrio entre los impactos económicos, ambientales y sociales. En sus conclusiones finales, deben también exponer las reflexiones éticas que el trabajo les ha generado.

### V. CONCLUSIONES

El ABP aplicado al proyecto de un edificio real, facilita la presentación en clase de un ejemplo directo de la ingeniería civil, que permite exhibir su fuerte relación con la sustentabilidad. La situación problemática real propuesta, suministra un conjunto de variables contextualizadas de estudio, que facilita su mejor comprensión, y promueve un análisis profundo y comprometido.

La utilización del ABP promueve en el alumno, una serie de habilidades compatibles con la formación en sustentabilidad: análisis, síntesis y evaluación de la información, el desarrollo del pensamiento crítico, el trabajo en equipo y la toma de decisiones, además de otras actitudes y valores como la innovación y la creatividad. Estimula permanentemente la capacidad de auto-reflexión, y durante todo el proceso, admite desarrollar el pensamiento propio y la toma de conciencia.

Las etapas de evaluación permiten reflexionar sobre los cambios que se van operando en las concepciones y en las prácticas de los alumnos. El ABP es un proceso continuo, y como tal, promueve dudas y búsquedas de alternativas, lo cual facilita aprender a razonar sobre el propio razonamiento, permite aplicar el pensamiento al acto mismo de pensar, y fundamentalmente, posibilita la **reflexión** sobre las actividades realizadas, para orientarlas y asegurar su mejor resultado.

En efecto, el ABP requiere que los estudiantes realicen un gran esfuerzo en reflexionar. Una vez que el problema real ha sido formulado, obliga a los estudiantes a buscar y aprender de diferentes fuentes y tomar decisiones basándose en lo que vayan investigando. Esto no solo permite a los estudiantes alcanzar un conocimiento más profundo, lograr mejores habilidades de como investigar, y optimizar sus habilidades de cómo resolver problemas, sino que también provoca la oportunidad de generar planteamientos éticos, tanto en forma individual, como en toda la comunidad de aprendizaje.

La aplicación del ABP viabiliza que los estudiantes perciban como el desarrollo sustentable puede ser aplicado en prácticamente todas las decisiones de la Ingeniería Civil, ampliando así su capacidad para comprender las consideraciones sociales, ambientales y económicas asociadas a los proyectos de su profesión.

Como medio pedagógico, el ABP se justifica ampliamente, puesto que los alumnos logran aprender de un modo mejor y más comprometido, que con respecto a otros métodos más tradicionales.

La experiencia permite destacar la importancia del ABP para introducir e integrar saberes ambientales en el Plan de Estudios de la carrera. Por otro lado, los ejemplos reales de la profesión, ayudan significativamente a la comprensión de

los conceptos de sustentabilidad, al poner en práctica habilidades que remedian la actividad profesional.

### REFERENCIAS

- [1] Naciones Unidas. *Engineering: Issues Challenges and Opportunities for Development*. UNESCO Publishing, 2010.
- [2] ASCE. *Civil Engineering. Body of Knowledge for the 21st Century. Preparing the Civil Engineer for the Future*. 2008.
- [3] Ashford, N.A.. *Major challenges to engineering education for sustainable development: what has to change to make it creative, effective, and acceptable to the established disciplines?*. International Journal of Sustainability in Higher Education, Vol. 5 No. 3. 2004.
- [4] Jordi Segalàs, Coral. *Engineering education for a sustainable future*. Universidad Politécnica de Cataluña. Unesco chair of sustainability. Barcelona. 2009.
- [5] Aznar Minguet, Pilar. *La formación de competencias básicas para el desarrollo sostenible: el papel de la Universidad*. Revista de Educación, número extraordinario 2009, pp. 219-237.
- [6] Improving Engineering Education. *The ImpEE Project*. Universidad de Cambridge. Inglaterra. 2006.
- [7] Branda L. *Aprendizaje basado en problemas, centrado en el estudiante, orientado a la comunidad*. 79-101. Universidad de Buenos Aires y Organización Panamericana de la Salud. 2001.
- [8] Seng Tan, O. *Problem-Based Learning Innovation: Using Problems to Power Learning in the 21st Century*. Seng Lee Press. 2003.
- [9] Ashford, N.A. *Major challenges to engineering education for sustainable development*. International Journal of Sustainability in Higher Education, Vol. 5 No. 3. 2004.
- [10] Freeman, S., Eddy, S., McDonough, M., Smith, M.K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M.P. *Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111 (22). 2013.
- [11] Gallup, Inc. (2016). *How millennials want to work and live*. Washington, DC: Author. Kaleta, R. & Joosten, T.. EDUCAUSE Center for Applied Research Bulletin, 10. 2007.
- [12] Price, C. *Why Don't My Students Think I'm Groovy?* The Teaching Professor, 23 (1). 2009.
- [13] Carr, W., Kemmis, S. *Teoría crítica de la enseñanza. La investigación-acción en la formación del profesorado*. Martínez Roca, Barcelona. 1998.
- [14] Kemmis, S. *El curriculum: Más allá de una teoría de la reproducción*. Ediciones MORATA Madrid. 1998.
- [15] Gardner, Howard. *Multiple Intelligences*, ISBN 0-465-04768-8. Castellano "Inteligencias múltiples" ISBN 84-493-1806-8. Paidós. 1983.
- [16] Klein, Perry, D. *A response to Howard Gardner: Falsifiability, empirical evidence, and pedagogical usefulness in educational psychology*. Canadian Journal of Education, 23(1), 103-112. 1998.
- [17] Juárez Lugo, C. S., Rodríguez Hernández, G. Luna Montijo, E. (2012). *El cuestionario de estilos de aprendizaje CHAEA y la escala de estrategias de aprendizaje ACRA como herramienta potencial para la tutoría académica*. Revista Estilos de Aprendizaje, N°10, Vol 10. México. 2012.
- [18] LEED (2009). for *New Construction and Major Renovations Rating System*. USGBC Member Approved November 2008 (Updated October 2013).
- [19] Robertson, K.. *Active listening: More than just paying attention*. Australian Family Physician, Vol. 34, Nro. 12. 2006.
- [20] Mieg, H. A. *Managing the interfaces between science, industry, and education: Case studies for environment, education, and knowledge integration at the Swiss Federal Institute of Technology*. World Congress of Engineering Educators and Industry Leaders Vol I., UNESCO, Paris. 1996.
- [21] Nisbet, J. y Shucksmith, J. *Estrategias de aprendizaje*. Madrid: Santillana. 1991.