
Uso de las TIC como parte de una estrategia para formar ingenieros auto reflexivos

Felix I. Cabrera Vega
Cabrera.fi@pucc.edu.pe

Resumen:

La enseñanza tradicional de la ingeniería, basada en clases magistrales, no reconocería las inteligencias múltiples ni las diferentes formas de aprender que tienen los alumnos. De este modo, la mayoría de estudiantes no interiorizan los conceptos ni se preocupan por las necesidades reales de las personas y del ambiente que las rodea. Para dejar de desarrollarse en un ámbito óptico-lógico, el ingeniero necesita ser formado en un ambiente de trabajo donde se respete su individualidad y se le brinde libertad para desenvolverse. Por lo tanto, el docente debe ser un guía que emplee las herramientas tecnológicas actuales, utilice diversas formas de enseñanza y muestre empatía con sus alumnos. También, la edad y experiencia de las personas establece formas de aprendizaje particulares. Por ello, en este trabajo se presenta una experiencia de enseñanza que combina las ideas de Gardner, Montessori y la andragogía. Además, se resalta el papel fundamental que cumplen las TICs en el proceso de formación de ingenieros auto reflexivos.

Palabras claves:

TICS, ingenieros auto reflexivos, inteligencias múltiples.

Introducción

Luego de haber estudiado ingeniería, en varios países, pude comprobar que nuestra formación se realiza, principalmente, mediante clases magistrales y un enfoque eminentemente óptico - lógico. Es decir, el conocimiento se transmite a través de un profesor, quien presenta métodos y procedimientos que sirven para medir, diseñar y garantizar el funcionamiento de sistemas sin importar el impacto que ellas originan en las personas y el ambiente que las rodea.

Desde el principio de mi experiencia docente, no he estado de acuerdo con utilizar únicamente esta forma de enseñanza, ya que no permitiría a los estudiantes participar activamente en su proceso de aprendizaje y le negaría al ingeniero la posibilidad de ser auto reflexivo. Además, sería poco probable que todos los alumnos reciban los mensajes e interioricen los conceptos, a pesar de que el docente posea una gran destreza comunicativa.

Para revertir esta situación, se debería analizar, desde un enfoque sistémico abierto, las diversas variables que rodean al proceso de enseñanza-aprendizaje, por ejemplo, la edad de los estudiantes, la experiencia profesional, las características personales, los recursos disponibles, el número de alumnos, etc. Posteriormente, se debería establecer una estrategia de enseñanza, empleando las herramientas tecnológicas actuales, que permita a los estudiantes interiorizar los conceptos y lograr, finalmente, un aprendizaje significativo.

El objetivo de este artículo es compartir una experiencia docente en la enseñanza de la ingeniería, en pregrado y diplomatura, que se basa en las condiciones particulares de los siguientes cursos: Ingeniería de carreteras, Ingeniería de tráfico y Micro simulación de tráfico. Además, esta experiencia trata de combinar la andragogía, las ideas de Gardner y Montessori, así como emplear las TIC como herramientas fundamentales del proceso de aprendizaje. Debe resaltarse, que esta propuesta es personal y tiene aún mucho por mejorar.

A continuación, se presenta una breve descripción de los cursos y las variables que se consideraron para establecer esta estrategia de enseñanza (individualidad e inteligencias múltiples, edad y experiencia de los estudiantes, ambiente de trabajo e ingenieros auto reflexivos).

Descripción de los cursos

Los cursos de Ingeniería de carreteras e Ingeniería de tráfico se dictan en pregrado y cuentan con horarios de aproximadamente 40 alumnos. Las edades de los estudiantes son muy uniformes y los temas tratados están relacionados con el diseño de la infraestructura, el comportamiento del tráfico vehicular y los desplazamientos de usuarios vulnerables (peatones, ciclistas, discapacitados, etc.).

En estos cursos muchos de los conceptos e ideas son parte de nuestra vida diaria, a diferencia de otros donde hay que imaginarse el comportamiento de mundos desconocidos, por ejemplo, el mundo atómico de la química. Por ello, inicialmente, los estudiantes piensan que ya conocen el curso y que, por lo tanto, tienen muy poco por aprender. Por ejemplo, todos afirman que la ingeniería y las letras no tienen relación alguna y que los problemas de congestión se resuelven fácilmente mediante la construcción de pasos a desnivel o con la ampliación de carriles en las vías.

Todas las ideas anteriores forman parte de un esquema de pensamiento pre establecido, que durante el curso debe ser analizado, debatido y modificado. Es muy gratificante ver las expresiones de sorpresa que tienen los alumnos cuando llegan a la conclusión de que para ser buenos diseñadores del espacio urbano necesitan leer psicología y sociología o que para proteger la vida de las personas, el número de accidentes de tránsito globales podría incrementarse. Pero quizás lo más sorprendente es descubrir que solucionar los problemas de congestión, en zonas urbanas, con pasos a desnivel resulta insostenible y carente de sentido.

El último curso, Micro simulación de tráfico, se dicta en la diplomatura de Gestión de la Infraestructura y de la Movilidad en la FACH. Abarca la modelación de tráfico en una forma muy detallada, la cual permite analizar proyectos que favorecen a todos los usuarios y no solo a los vehículos. Cuenta con aproximadamente 15 alumnos y la comunicación entre profesor y alumno resulta ser sencilla y espontánea. Los estudiantes tienen edades muy diversas, así como diferentes cargos y ocupaciones (ingenieros, sociólogos, arquitectos, etc.). Lo que debe resaltarse es que todos traen experiencias profesionales previas y preguntas, sobre cada una de sus profesiones, que esperan ser resueltas. Por lo tanto, no se preocupan mucho por la teoría, sino más bien por la forma de resolver problemas en sus centros laborales.

Variables consideradas en el proceso enseñanza-aprendizaje

Individualidad e inteligencias múltiples

La forma de enseñanza basada solo en las exposiciones magistrales no reconoce que los estudiantes son entes individuales que aprenden de diferentes formas y que poseen inteligencias múltiples (Guilford, 1967), (Gardner, 2006). Por ejemplo, por mucho tiempo se ha pensado que para ser un buen ingeniero solo se necesita tener la inteligencia lógico-matemática; es decir, la capacidad de realizar cálculos complejos con mucha facilidad. Sin embargo, actualmente, se acepta que para alcanzar el éxito también se requeriría de otras inteligencias como la emocional y social (Goleman, 2006).

Por lo mencionado anteriormente, el docente debería ser capaz de identificar las fortalezas y deficiencias de cada estudiante para preparar un plan de aprendizaje personalizado. El rol del docente, en este caso, sería el de un facilitador que oriente al estudiante en su camino hacia el aprendizaje, por lo que su primera meta sería establecer una adecuada comunicación y empatía con sus alumnos.

En el caso de los cursos de pregrado, es muy difícil conocer la forma de aprendizaje de cada uno de los alumnos, por la cantidad que hay en el aula; sin embargo, esto se trata de subsanar, dentro de las limitaciones existentes, mediante el empleo de cuatro diferentes formas de aprendizaje. En las siguientes líneas se describe este acercamiento.

Para la primera forma de aprendizaje, se establece un acercamiento con los alumnos mediante actividades grupales colaborativas donde se presenta un tema y se trabaja con planos de proyectos reales de

ingeniería. Esto permite al docente conversar con los estudiantes en una forma personalizada y, al mismo tiempo, despertar su curiosidad por el tema tratado. Lo importante es que, al final de las actividades, los alumnos participen de un debate donde rompan sus paradigmas y manifiesten sus opiniones, que luego son ordenadas y resumidas por el profesor. Además, los estudiantes pueden desarrollar sus inteligencias intra e interpersonal, así como su capacidad comunicativa dentro y fuera de sus grupos. Es importante resaltar que el profesor es solo un facilitador que busca exteriorizar el conocimiento que ya se encuentra en el interior de sus alumnos.

La segunda forma de aprendizaje se desarrolla fuera de aula mediante la escritura de mini artículos académicos de 1 página. La extensión corta de estos artículos tiene varias finalidades: fomentar el auto aprendizaje, usar las TIC para buscar información relevante en la web y desarrollar la capacidad de síntesis y redacción.

La tercera forma de trabajo es también mediante el uso de las TIC, específicamente, videos y software de simulación en laboratorio. En esta etapa, los alumnos trabajan de forma individual con software de simulación de tráfico, de tal forma que lo aprendido en las dos etapas anteriores puede aplicarse a nuevos casos. Al emplearse la simulación, cada alumno puede evaluar su dominio del tema y, mediante un proceso de prueba y error, puede sacar conclusiones que le acerquen a la interiorización de los conceptos. Debe destacarse que los alumnos no quieren abandonar el laboratorio, ya que cada vez que alcanzan a resolver un problema esto tiene un efecto positivo en sus mentes y les despierta un apetito mayor por el éxito. Esto es lo que Ian Robertson llama el efecto ganador y la activación del circuito de recompensa.

Con las TICS (animación de la simulación), el estudiante puede ver en un video el resultado de sus elecciones, aciertos y errores. **La Figura 1** muestra a los alumnos trabajando en el laboratorio, mientras que **la Figura 2** muestra la animación del software Simtraffic empleado en los dos cursos de pregrado.

Existen diversas metodologías para enseñar a usar softwares de simulación en laboratorios de cómputo, pero para estos cursos se tuvieron las siguientes consideraciones: evitar la distracción de los alumnos, al usar las computadoras con otro fin, y determinar el número de alumnos que podrían ser manejados por el profesor. De esta forma, se decidió no emplear proyectores multimedia sino un software especializado que permite al profesor controlar todas las computadoras del laboratorio mientras realiza la explicación. Asimismo, se determinó que en cada sesión de laboratorio se podía tener, a lo más, 14 alumnos.



Figura 1. Alumnos en el laboratorio

Otro punto importante es que el profesor debe realizar las explicaciones en períodos cortos de tiempo, por ejemplo, 5 minutos y luego debe dejar a los alumnos emplear el software por otros 5 minutos. Este proceso se intercala continuamente, para mantener activos, y una vez que los estudiantes aprenden a usar el software se inicia su proceso de auto aprendizaje teniendo al profesor como un simple guía.

Finalmente, luego de haberse desarrollado varios temas, se presenta una tarea grupal donde los estudiantes deben resolver un problema real de ingeniería, de acuerdo a los conocimientos adquiridos, la simulación y las visitas de campo que realizan con el profesor. Todo culmina con una presentación oral de su proyecto.

Edad y experiencia de los estudiantes

La forma de guiar a los estudiantes hacia su aprendizaje varía de acuerdo a su edad. Los estudiantes de pregrado, de una edad similar, aprenden de una forma distinta a los estudiantes de las diplomaturas, quienes tienen experiencia laboral, realizan acciones casi repetitivas, tienen el interés de relacionar lo aprendido con su trabajo y han ganado capacidad de decisión, pero han perdido, en muchos casos, la capacidad de trabajar con simbología matemática y estadística, producto de los cambios en su plasticidad neuronal. Lo anterior se refleja en características emocionales que pueden limitar su aprendizaje (Kidd, 1973).

Por esta razón, para este grupo de alumnos la enseñanza propuesta se basa en la andragogía (INEA, 2007) y en el estudio de casos que son presentados de manera audio visual. Debe resaltarse, que los participantes logran analizar e interiorizar fácilmente los temas tratados gracias a su experiencia profesional.

Por ello, las TIC juegan un papel fundamental en el proceso de aprendizaje de los adultos, ya que mediante algunas herramientas, como el Powerpoint, videos y software de simulación, ellos pueden observar diversos sistemas y entender las variables que los afectan, antes de recibir su desarrollo conceptual y formulación matemática. Es decir, se invierte el proceso tradicional de dar primero los conceptos y luego presentar aplicaciones. Esto permite establecer, posteriormente, un debate o comunicación abierta entre los participantes que normalmente deriva en la formulación de la teoría que se debía presentar.

Una vez que los profesionales han pasado por la etapa anterior, las siguientes sesiones se desarrollan en un laboratorio de cómputo donde cada estudiante emplea el software de simulación de tráfico VISSIM. La finalidad es presentar medidas de mejora a un problema real de congestión de tráfico. La **Figura 3** muestra la animación con este software.



Figura 3. Software de micro simulación VISSIM

Lo importante es que mediante este software se pueden tener videos donde se aprecia el resultado de las medidas planteadas. De esta manera, se puede establecer un proceso de auto aprendizaje continuo que finaliza en el momento en que se interiorizan los conceptos. La evidencia del aprendizaje es un video donde se pueden apreciar condiciones favorables de desplazamiento para vehículos y peatones.

Cuando se desarrolla esta actividad, normalmente los estudiantes muestran un alto nivel de interés por lo que permanecen hasta 1 hora más de lo debido. Ellos perciben que conforme aumenta su tiempo de trabajo se acercan más a una solución aceptable. Lo anterior es posible gracias a la versatilidad del software. La **Figura 4** muestra a los alumnos de la diplomatura en una sesión de laboratorio.



Figura 4. Alumnos de la diplomatura en una sesión de laboratorio con VISSIM

Ambiente de trabajo

Toda la propuesta de enseñanza, presentada líneas arriba, solo funcionaría si el ambiente de trabajo es el adecuado y fomenta el libre desenvolvimiento de los estudiantes. Lamentablemente, la mayoría de personas, en algún momento de nuestro proceso educativo, nos hemos preguntado ¿por qué el ambiente de trabajo, en casi todas las aulas, es aburrido y en ella solo somos observadores bajo la mirada inquisidora de un profesor? Me aventuro a decir que la razón es que hemos sido resultado de un proceso industrializado donde se forma a los estudiantes bajo una estandarización que va matando la curiosidad con la que nace el ser humano.

En casi todas las universidades, la mayoría de alumnos llega con muchos conocimientos pero sin curiosidad ni amor por el aprendizaje. Lamentablemente, hay un incremento sostenido del número de alumnos por aula, por lo que el sistema industrializado parece perdurar inevitablemente. Cuando el número de alumnos sobrepasa largamente la capacidad del profesor, la clase magistral se vuelve prácticamente obligatoria y el ambiente de trabajo se vuelve enrarecido.

Entonces, la pregunta que aparece de inmediato es ¿Se puede devolver a los alumnos de pregrado ese amor por el aprendizaje? Particularmente, pienso que es posible si se tienen los recursos disponibles, se aplican adecuadas metodología de enseñanza y los docentes están dispuestos a invertir más tiempo en la formación de sus estudiantes.

Es en la búsqueda del ambiente de trabajo y de las herramientas de enseñanza adecuadas, que las ideas de María Montessori (Lillard et al, 2006) me resultaron interesantes, a pesar de que fueron originalmente concebidas para la pedagogía, es decir, la enseñanza de los niños. Esta filosofía de trabajo plantea que la educación se debe dar en libertad en un ambiente preparado y donde el docente debe ser un guía y observador de los intereses y necesidades individuales de cada estudiante. Además, plantea que el alumno debe ser un participante activo en el proceso enseñanza aprendizaje y que cada uno de ellos debe hacer las cosas por sí mismo, porque de otra forma nunca llegará a aprenderlas. También, fomenta el amor por el aprendizaje y la enseñanza conceptual mediante la manipulación concreta.

Como se mencionó anteriormente, la metodología Montessori fue pensada en los niños y ha tenido éxito en diversos países (Montie et al, 2006); sin embargo, parecería que es posible su adaptación a otros períodos de la vida (Rathunde et al, 2005). Puede tener deficiencias como cualquier otra propuesta de enseñanza, pero se acerca al ideal de libertad y auto aprendizaje.

En los cursos de pregrado mencionados, los ambientes de trabajo son 3: el aula de clase, el laboratorio de cómputo y el lugar donde se producen los eventos reales (la calle). Con respecto al aula de clase, la idea es romper la imagen tradicional de los estudiantes sentados en fila; para ello, se les pide que formen grupos y se ubiquen y desplacen por el aula en la forma que deseen, con el único requisito de mostrar respeto por el trabajo de los demás. Asimismo, los materiales preparados deben buscar incentivar su curiosidad y acercarlos a su profesión. En este caso, el uso de planos y laptops resulta motivador para los estudiantes de ingeniería.

También, es imprescindible que el docente sea un buen comunicador en el aula y conozca del lenguaje corporal, para entender el mensaje de los alumnos y evitar dar mensajes negativos, por ejemplo, con un cruce de brazos. Además, es necesario ser perceptivo para notar los estados de ánimo y personalidad de los alumnos. Es útil reconocer quienes aceptan bromas, quienes son muy serios y quienes tienen un mayor espacio personal que no puede ser invadido.

Como puede verse, para ser un observador o facilitador se debe mostrar una disposición de ayuda constante, un buen ánimo y conocer técnicas de lenguaje. Por ello, los docentes deberíamos aceptar que solo un título de doctorado o años de experiencia profesional no son suficientes para formar y educar a los alumnos de una forma apropiada, y que un buen docente es aquel que ha desarrollado inteligencias múltiples.

El laboratorio es el segundo ambiente de trabajo. Se desarrollan actividades individuales y al tenerse solo 13 alumnos, el profesor puede conocer exactamente cuáles son las deficiencias de cada uno de ellos. En este ambiente, el profesor no da respuestas, solo guía al estudiante para que él las encuentre y sienta, finalmente, ese goce y placer inmenso que otorga el aprendizaje.

El tercer ambiente de trabajo es aquel donde los alumnos podrán hacer todas las cosas por sí mismos en un ambiente preparado. Es decir, un ambiente donde todo es real y se aprenderá de hechos concretos. En este caso, el ambiente es la calle, la ciudad donde vivimos.

La visita a la calle se realiza con el profesor y es parte de una tarea final, donde se pide a los alumnos que trabajen como deseen, con el propósito de plantear mejoras al desplazamiento de personas y vehículos. El profesor se encarga de monitorearlos y guiarlos cada vez que nota trabas en el desarrollo de la actividad. La visita se realiza en grupos de 20 alumnos y resulta ser una experiencia gratificante para ellos, ya que pueden aplicar lo aprendido en un proyecto real de movilidad y diseño del espacio público.

En el caso del curso que se dicta en la diplomatura, al desarrollarse actividades con adultos, la comunicación y la percepción son fundamentales. A diferencia de los alumnos de pregrado un alumno de diplomatura solo acepta el trato horizontal, ya que muchos de ellos son profesionales y ocupan cargos de importancia en sus empresas. Además, su experiencia profesional les permite analizar y hasta contradecir inicialmente las ideas brindadas por el profesor, lo que debe ser considerado como una gran ayuda para romper sus paradigmas y crear nuevos conocimientos.

También, el número reducido de alumnos hace que todos puedan participar y hacer comentarios, de tal forma que las clases tienen un ritmo fluido de desarrollo. Por supuesto, en la mayoría de veces surgen preguntas sobre sus problemas particulares y la forma de resolverlos. Finalmente, por lo recargado de sus agendas y el tiempo disponible (24 horas) el aprendizaje se realiza en dos ambientes: el aula de clase y el laboratorio de cómputo. Es en este caso donde las TICS son las herramientas fundamentales de todo el proceso, como se mencionó anteriormente.

Ingenieros auto reflexivos

Un ingeniero convencional se preocupa solo porque un sistema diseñado funcione desde el punto de vista operacional, para ello se basa en manuales, metodologías y procedimientos. Sin embargo, no considera el impacto que estas generan en la forma de vida de las personas y el medio ambiente. Lo anterior ha dado lugar al planteamiento de una nueva ingeniería, lo que algunos llaman “ingeniería sostenible” o “buena ingeniería” (Rosen, 2012).

Por lo tanto, el objetivo de los cursos es brindar a los estudiantes la capacidad de diseñar y analizar la infraestructura desde un punto de vista equitativo, que respete la justicia social y la igualdad de oportunidades de cada ciudadano (Herce, 2009).

Es en este contexto que las tecnologías de información y comunicación juegan un papel fundamental, porque permiten al ingeniero apreciar las medidas de mejora que favorecerían a todos los usuarios y no solo al automóvil. La **Figura 5** muestra una situación actual donde los peatones no pueden cruzar las calles con seguridad, y la **Figura 6** muestra una propuesta de mejora, en VISSIM, que beneficia a todos los usuarios y reduce las externalidades negativas como congestión, contaminación y accidentes de tránsito.



Figura 5. Peatones con problemas para cruzar las calles



Figura 6. Propuesta de mejora que favorece a todos los usuarios

Conclusiones

La necesidad de un ingeniero auto reflexivo, más consciente de las necesidades reales de las personas, hace que nos preguntemos si el proceso tradicional de enseñanza basado solo en clases magistrales debe continuar sin modificaciones. Lo cierto es que los estudiantes son seres individuales con inteligencias múltiples y formas de aprendizaje diferente.

La evidencia parece indicar que la enseñanza debería ser personalizada, pero esto entraría en conflicto con la mayor cantidad de alumnos que se observan en las aulas y que superan la capacidad del docente y los recursos disponibles. Una forma de afrontar este problema sería mediante el análisis de un tema, en forma repetitiva, mediante diferentes formas de enseñanza. Pero todas ellas deberían considerar al estudiante como un actor activo de su propio aprendizaje. Asimismo, la forma de evaluación debería ajustarse a estos nuevos casos.

También, con la necesidad de tener ambientes de trabajo adecuados se requeriría que los docentes no solo sean académicos reconocidos y profesionales destacados, sino que además deberían compartir el cariño por el aprendizaje y entender su rol como formadores de futuros profesionales y ciudadanos. Por ello, las instituciones no solo deberían poner énfasis y recursos en la investigación sino también en la formación de sus docentes y alumnos.

La forma de guiar a los estudiantes hacia su aprendizaje varía de acuerdo a su edad. Los estudiantes de pregrado, de una edad similar, aprenden de una forma distinta a los estudiantes de las diplomaturas, quienes son profesionales que tienen cargos y edades muy diferentes. Por este motivo, se debe recurrir a formas de enseñanza que se ajusten a sus necesidades y formas de aprendizaje específica. Por ejemplo, la enseñanza de los alumnos de las diplomaturas podría basarse en las TICs y el estudio de casos.

Las tecnologías de información y comunicación juegan un papel fundamental, porque permiten al ingeniero apreciar las medidas de mejora que favorecerían a todos los usuarios. Los videos generados por los softwares de simulación brindan a los estudiantes, de diferentes edades, la posibilidad de entender los conceptos de forma concreta y abren una ventana a la imaginación y el deseo de aprender. Ni que decir del ambiente lúdico que generan y que resulta atractivo para cualquier persona al activar sus circuitos de recompensa.

Referencias

- Gardner, H.
(2006). *Multiple intelligences: New horizons*. New York: Basic Books.
- Goleman, D.
(2006). *Social intelligence: The new science of human relationships*. New York: Bantam Books.
- Guilford, J. P.
(1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Herce, M.
(2009). *Sobre la movilidad en la ciudad*. Editorial Reverte. Barcelona. España
- Instituto Nacional para la Educación de Adultos (INEA).
(2007). *Andragogía (Lectura 1, Año 9)*. México, D. F.
- Kidd, J.
(1973). *How Adults Learn*. New York: NY: Association Press.
- Lillard, Angeline S., and Nicole Else-Quest.
(2006). "The Early Years: Evaluating Montessori Education." *Science* 313:1893-94.
- Montie, Jeanne E., Zongping Xiang, and Lawrence J. Schweinhart.
(2006). "Preschool Experience in 10 Countries: Cognitive and Language Performance at Age 7." *Early Childhood Research Quarterly* 21:313-31.
- Rathunde, Kevin R., and Mihaly Csikszentmihalyi.
(2005). "Middle School Students' Motivation and Quality of Experience: A Comparison of Montessori and Traditional School Environments." *American Journal of Education* 111:341-71
- Rosen, Marc A.
(2012). "Engineering Sustainability: A Technical Approach to Sustainability." *Sustainability* 4, no. 9: 2270-2292.