



**CONGRESO
IBEROAMERICANO**
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA,
INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN

BUENOS AIRES, ARGENTINA
12, 13 Y 14 DE NOVIEMBRE 2014

**CONGRESSO
IBERO-AMERICANO**
DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÃO E EDUCAÇÃO

BUENOS AIRES, ARGENTINA
12, 13 Y 14 DE NOVIEMBRE 2014

El desarrollo del pensamiento creativo en estudiantes de ingeniería ¿formados para crear?

GHERSI, I; MIRALLES, M

El desarrollo del pensamiento creativo en estudiantes de ingeniería ¿formados para crear?

I. Gherzi¹ ; M. T. Miralles¹⁻²

¹ Fac. de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA)

² Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires (FADU-UCA).
mmiralles@gmail.com

Resumen

El perfil del ingeniero, detallado en los planes de estudio de las carreras, señala que los egresados deben ser capaces de entender, diseñar, implementar y gestionar actividades donde apliquen conocimientos científicos para el diseño y desarrollo de productos, máquinas y sistemas, o para su comprensión e interpretación detallada. Se presume que los mismos deben poseer suficientes conocimientos de ciencias básicas y aplicadas, estar conscientes de la tecnología de la que disponen y ser competentes para la gestión de proyectos en términos económicos, junto a un acabado sentido de responsabilidad social. Los ingenieros utilizan sus conocimientos para crear conceptos, sistemas, materiales y productos con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas. En consecuencia, al conocimiento científico y el dominio de tecnologías, se debe desarrollar y sumar la capacidad de gestión, liderazgo, confianza, comunicación y trabajo en equipo para que, durante el ejercicio profesional, puedan dar respuestas innovadoras a las crecientes problemáticas emergentes interrelacionadas del mundo global.

Sin embargo, los términos *diseñar*, *crear* e *innovación* hacen referencia a una dimensión del ingeniero que excede su conocimiento científico-técnico. Dimensión fundamental que navega y naufraga a lo largo de todas las asignaturas y que se desdibuja particularmente en el ciclo básico de la carrera que prioriza los conocimientos “duros”. En el otro extremo, al finalizar la carrera, los alumnos tienen que realizar una práctica profesional supervisada (PPS) y un Trabajo Final (TF) integrador, donde el estudiante tiene que desarrollar tareas concretas, completas, de manera más abarcadora, siendo consecuentemente evaluados. Pero, a lo largo de toda la carrera, el *proceso proyectual* ha sido dado por implícito en los programas como así también en la práctica docente. Por otra parte, los ingenieros no solamente trabajan con lo que existe, sino que también operan sobre lo que todavía no es. En esta medida, se entiende que existe un proceso creador comparable al presente en las disciplinas de diseño, en particular, del diseño industrial.

Este trabajo propone la necesidad de iniciar la reflexión del impacto favorable que puede tener en las carreras de ingeniería la introducción de una actividad transversal, asimilable al *taller de diseño* de las carreras de Diseño Industrial, tomando como marco teórico la Didáctica Proyectual.

Introducción

1. La paradoja global

Desde los años 90, la globalización, el acceso a Internet, la llegada de productos tecnológicos revolucionarios, el surgimiento de nuevos procesos industriales, han impactado en la enseñanza de las carreras de perfil científico-tecnológico, en particular en las carreras de ingeniería, a una velocidad sin precedentes en la historia de la educación superior.

Dicho impacto se manifiesta en la creación de un gran número de nuevas orientaciones, sólo para mencionar algunos ejemplos en áreas de las ciencias de la salud, como son la bioingeniería, la ingeniería biomédica, o de las ciencias biológicas, como la ingeniería en bioinformática, entre otras.

Estas ingenierías llamadas de innovación se suman a las ya tradicionales, con la novedad de integrar conocimientos provenientes del área de lo natural. Su creación refleja la demanda de los nuevos perfiles profesionales debida a los profundos cambios socio-económicos dados por la tecnología.

Pero, en el mundo en que las ingenierías van entrando en la capilaridad de todos los campos del saber de una manera específica y necesaria, se produce la paradoja dada por el insuficiente número de diplomados e ingenieros activos, el cual está por debajo de las necesidades de desarrollo de la mayor parte de los países del mundo, en particular, en aquellos que históricamente han liderado el avance tecnológico como Japón, Estados Unidos y Rusia [1].

Esta situación en Iberoamérica es aún más crítica. En Argentina, por cada graduado en ingeniería, se gradúan casi 4 abogados; casi 11 economistas y contadores por cada especialista en ciencias agropecuarias; 44 médicos por cada físico, y 177 psicólogos por cada estadístico [2]. La gravedad es tal que se han puesto en marcha políticas concretas, a nivel nacional, para declarar las ingenierías carreras prioritarias, logrando así alguna mejora en el número de graduados en universidades nacionales y privadas [3]. Cabe aclarar que las estadísticas cuentan cantidad y no la calidad de estos graduados, que, dependiendo las circunstancias personales o los lugares de egreso, se vuelven dudosas.

Las razones de este fenómeno son complejas. Desde un punto de vista institucional, la falta de comprensión y de articulación de los procesos enseñanza – aprendizaje a lo largo de todas las etapas evolutivas en la era del conocimiento, hace que se llegue a la universidad sin los prerrequisitos mínimos para afrontar, con solvencia, carreras en las cuales el pensamiento deductivo juega un rol central. Pensamiento que debe ser paulatinamente construido en las sucesivas etapas educativas.

Por su parte, la inercia propia de las instituciones educativas para analizar y generar propuestas, la experimentación curricular sin una adecuada evaluación, la falta de revisión de contenidos, los métodos de evaluación, el tiempo de duración de las carreras, las exigencias para lograr las acreditaciones externas, la caída de nivel escolar medio (en particular en el área de la matemática), la falta de formación y actualización de profesores, suelen ser las causas más evocadas.

Sin embargo, en los alumnos se percibe un profundo cambio cultural. Desde hace varios años, la falta de vocaciones para la ciencia y la tecnología es evidente. En particular, dentro de las orientaciones de ingeniería, aquellas que tienen más matemática o implementación concreta de conocimientos, son las que presentan el menor número de alumnos o bien el mayor índice de deserción, por ejemplo Ingeniería Electrónica.

Una hipótesis general para comprender este fenómeno puede partir de analizar la percepción de las nuevas generaciones de la “tecnología artificial” [4]. Es decir, cuestionarse si es de la misma naturaleza que la “tecnología natural”, ya que para muchos de ellos, ambas son dadas “per se” con la misma facilidad o naturalidad. Estamos en la era en que los filamentos nerviosos se prolongan en cables, en que la mente puede dictar palabras a un ordenador, en síntesis, en la dilución progresiva del límite entre lo natural y lo artificial. Sin duda, esta nueva cosmovisión que va del *homo sapiens* al *cyborg* [5-6], tiene que impactar en quienes están inmersos en este nuevo paradigma desde su nacimiento y serán los protagonistas del mañana.

Para muchos, todo está hecho, o bien, en vías de implementación. Para otros, la ecuación esfuerzo-remuneración futura, cierra mejor en carreras más cortas y livianas.

La ingeniería implica muchos años de esfuerzo creciente y continuado, responsabilidad civil a nivel profesional y, al igual que la ciencia, no promete escenarios estables ni conocidos.

Ser ingeniero es asumir un estado de conocimiento adaptativo, en evolución constante, que no todos se sienten capaces de transitar. Para ello se requiere formar a los estudiantes en el pensamiento creativo, entrenarlos para pensar en lo nuevo, lo posible, en lo que puede ser.

Cualquiera sea el caso, el déficit de alumnos es un problema a resolver para poder lograr el porcentaje de egresados necesarios en las carreras de ingeniería y ciencia, y con ello disponer de los recursos humanos específicos para afrontar el cambio tecnológico de los próximos 20 años.

Mientras tanto, hay que trabajar para la mejora continua de los que están en las carreras y consideramos que formar el pensamiento creativo se vuelve estratégico, y que no ha sido aún un campo de desarrollo suficientemente valorado.

Pero, ¿qué entendemos por creatividad en el ámbito de la enseñanza de la ingeniería? ¿Cómo desarrollarla en los estudiantes de grado?

2. La creatividad en las carreras de ingeniería

El concepto de creatividad, como el de innovación, se ha vuelto común en el discurso de todas las disciplinas cualquiera sea su objeto de estudio. En particular se presenta como un imperativo en el discurso científico tecnológico. Hoy se acepta, con

naturalidad, que la creatividad también puede residir en las máquinas. Prueba de ello es el hecho que se están prefigurando campos científicos tales como el de la Neobiología (estudio de la vida artificial) o el de la Simbionomía (estudio de las conexiones y continuidades entre fenómenos naturales y artificiales).

La creatividad tal vez haya sido uno de los conceptos más debatidos en los últimos tiempos por los intelectuales desde sus diferentes miradas disciplinares, barriendo todos los niveles de abstracción y aplicación. Conceptos como el de “destrucción creativa” o las diferentes formas de innovación de Schumpeter en economía, el pensamiento lateral [7], son algunos ejemplos característicos.

En particular la creatividad en el campo de la ciencia [8] ha tenido especial atención para comprender el génesis de las ideas que transformaron el mundo, las diferencias y convergencias entre la creatividad en la ciencia y en el arte, o bien desde propuestas concretas para el desarrollo y entrenamiento del pensamiento creativo en campos específicos, entre otros enfoques.

El fenómeno de la creatividad comparte muchas de las características de los sistemas adaptativos complejos, tales como una profunda componente de aleatoriedad, irreversibilidad, no linealidad y auto-organización.

La etimología misma del sustantivo deriva del latín “creare”, en el sentido de engendrar, producir, crecer.

Como tal se engendra, evoluciona en el tiempo, a partir de la “re-creación” de lo conocido, dando lugar a lo nuevo a partir de la habilidad del sistema de cambiar de comportamiento en presencia de cambios externos.

La creatividad comparte con lo biológico la forma de crecimiento de las formas orgánicas [9]. Crece desde adentro hacia fuera, dando lugar a ideas, objetos, conceptos, procesos, que son incluidos en la cultura en la cual se generan, en forma transitoria o permanente, dejando algún tipo de documento objetivo, huellas inequívocas, que permiten algún proceso de deconstrucción posterior, o el intento de una “arqueología del saber creativo” en el sentido utilizado por Foucault.

En todo proceso creador hay una fuerte componente aleatoria. Lo previsible siempre es producto de la razón, mientras que la novedad tiene que ver, precisamente, con lo impredecible. El “estar en el lugar y el momento justo”, el “darse cuenta”, son las expresiones que ponen en evidencia la intuición de la presencia del juego del azar. Muchas veces esas condiciones se dan con poca frecuencia y entonces se asocia “la suerte” con la iluminación divina. Pasteur decía que el azar favorece sólo a la mente preparada, en el sentido de estar “despierto” frente a lo desconocido de la realidad cotidiana. Otra versión, que pone el acento en el trabajo duro del creador, es la célebre frase de Picasso en el sentido que “la inspiración existe, pero tiene que encontrarte trabajando” [10].

En cuanto a la auto-organización, lo es en el sentido que se trata de un sistema el cual es producto principalmente de las interacciones de sus elementos, quienes

buscan soluciones constantemente reconfigurando el sistema de relaciones al ritmo del imperativo creador.

Lo que es incuestionable es que la complejidad del futuro requiere soluciones creativas y valores epistémicos [11]. Una alternativa que se presenta optimista, en resonancia con lo analizado, conlleva al paradigma de la complejidad de Morin [12-13] que tiene como principales valores epistémicos, a los que adherimos, los siguientes:

- a) *conocer para hacer;*
- b) *conocer para innovar (conocer para crear nuevos conocimientos, más allá del saber técnico-aplicacionista);*
- c) *conocer para repensar lo conocido o pensado (epistemologizar).*

A partir de lo dicho, en este trabajo asumimos que la creatividad es un fenómeno emergente de la interacción de diferentes sistemas, como lo postula M. Csikszentmihalyi [14]. Los sistemas componentes de este fenómeno son, según éste autor:

- La mente o mentes creativas de individuos;
- los campos disciplinares;
- la sociedad a la cual pertenece dicho campo en un momento histórico determinado;
- el sistema de referato que la valida como novedad y le da valor para ser agregado a la cultura subyacente al sistema.

Se trata, entonces, de un fenómeno asociado a una compleja red de relaciones entre los elementos mencionados, relaciones de naturaleza particular, que responden a la urgencia específica dada por el desarrollo e innovación a nivel local, por un lado, y global, por el otro, al que se encuentran ligadas.

Desde esta mirada, el fenómeno de la creatividad evita caer en el reduccionismo de asociar en forma unívoca la creatividad con el pensamiento de mentes creativas, sino que éstas son parte de un todo, que es tal gracias a las inter; intra y extra relaciones dinámicas dadas entre los diferentes sistemas en juego. La creatividad puede lograrse en el sentido de la definición gracias a los restantes sistemas ajenos a lo individual, con personas “normales”, que simplemente establecen las relaciones adecuadas. Es allí donde la educación superior tiene un importante rol a desempeñar.

A continuación se procede a comentar brevemente cada uno de los sistemas mencionados en relación al campo disciplinar de la ingeniería.

2. 1 los sujetos creativos

Desde una mirada clásica, se considera poseedores de pensamiento creativo a aquellos individuos altamente formados en el campo disciplinar que, luego de un periodo de concentración en un tema (variable según el caso), han contribuido, gestado o sintetizado aspectos de la novedad, es decir, que han dejado huella en la matriz cultural. Si bien, en muchos casos documentados la síntesis pudo haberse manifestado en un acto repentino o a una especie de iluminación, no hay que olvidar el largo proceso y esfuerzo sostenido que fue condición previa [15-16].

Desde esta mirada, el pensamiento creativo capaz de generar novedad es un subproducto, una segregación de años de esfuerzo y de trabajo. Esta imagen es avalada por una larga serie de ejemplos provenientes de la historia de la ciencia, pero no deja de ser más que un mito en la era actual. Hoy, la información que aporta internet, las redes sociales globales, los foros de consulta, el fácil acceso a bibliotecas del mundo, la facilidad para conseguir distintos productos, permite generar novedad en adolescentes interesados en ciertos temas tecnológicos, que se sumergen y acceden con facilidad a los cambios semióticos de la nueva cibercultura, a la que suman, en el mejor de los casos, el “capital cultural” (en el sentido de Bourdieu [17]) recibido por su medio escolar y familiar, el cual suele ser muy desbalanceado con respecto al primero.

Muchos jóvenes, por curiosidad, logran sostener la tensión dialéctica que conduce al acto creativo, dando lugar a la innovación. Un ejemplo reciente es el de Jack Andraka, un estudiante de sólo 15 años que logró desarrollar una prueba médica sin precedentes para la detección temprana y confiable del cáncer de páncreas [18]. Sus herramientas de investigación fueron, según él mismo declara, Google y Wikipedia, y los cursos en línea de la especialidad.

Esta idea de tener una larga formación en el campo como prerrequisito para crear está muy arraigada en las disciplinas científico tecnológicas, y puede seguir siendo el caso de la matemática, la lógica o la física teórica. La facilidad de implementación dada hoy en día, particularmente por la electrónica, los juegos constructivos, y dispositivos electro-mecánicos, parece no requerir los largos años de formación enciclopedista universitaria para dar lugar a una novedad. La búsqueda concentrada en líneas particulares, con la ayuda de tutores virtuales o reales, está dando sus resultados.

Cualquiera sea el caso, se trata de individuos que disfrutan de la alegría en el dar vueltas a una idea y al mismo tiempo son capaces de sostener la tensión hasta lograr sus objetivos con el nivel de perfeccionismo soñado. Pasión, necesidad de exploración, de hallar respuestas, son las características sobresalientes. Tenacidad e incapacidad a la frustración son rasgos comunes, y son valores a desarrollar durante las carreras, que usualmente se consideran implícitamente presentes.

Según Nachmanovitch, S. [19], un prerrequisito de la creación es la actividad lúdica, el amor, la concentración, la práctica, la habilidad, el uso del poder de los límites, el riesgo, la entrega, la paciencia, el coraje y la confianza.

La creatividad en futuros ingenieros tiene rasgos particulares, que aún no han sido debidamente teorizados. Se trata de un objeto de estudio en construcción.

2.2 Los campos disciplinares

La formación de ingenieros en Argentina tiene rasgos comunes a todas las orientaciones. Se trata de un ciclo de materias comunes destinado a obtener la formación necesaria en ciencias básicas, sobre el que se articula el ciclo superior o de especialización según la orientación. Con una duración mínima de 5 años (universidades privadas o nacionales) o de 6 años (UBA, por la inclusión del año nivelador de Ciclo Básico Común), cualquiera sea la orientación, hay materias obligatorias y electivas, junto con la tesis o Trabajo Final y la Práctica Profesional Supervisada.

Los campos disciplinares asociados, en particular en la caso de ingeniería, van a tener rasgos propios. El ciclo básico será el formador en las ciencias que soportan las materias aplicadas, siendo el más costoso para los alumnos y donde se produce la mayor deserción.

Los cursos optativos del ciclo superior presentan en mayor o menor grado las cuestiones más novedosas. Suelen ser cursos cortos y, con frecuencia, sin demasiada articulación con las restantes asignaturas del nivel o con el corpus de la carrera.

Se asume que los conocimientos fundamentales se deberían aprender durante la carrera de grado, la cual tiene que estar abierta a los requerimientos de la industria y la sociedad, asegurando la inserción de los graduados al medio productivo. El resto provendrá de la propia especialización y experiencia en el ámbito profesional. Sin embargo esta situación no es tan ideal, ya que en carreras como la ingeniería informática o la electrónica, los alumnos no tienen el *aggiornamento* requerido para los puestos de trabajo, según lo revelan las encuestas a graduados.

Durante la carrera, el proceso creativo se manifestará en las interacciones mismas a construir entre estos campos del saber que tienen que percibirse vivos, dinámicos y abiertos. La influencia o el servicio a la creatividad de cada una de ellos dependerán, en algún grado, de la consistencia propia dentro de los mismos, de la centralidad que tenga en el juego del proceso creativo en la orientación elegida, y de la accesibilidad a los saberes por parte de los alumnos, según sea el nivel de los prerrequisitos.

Una imagen que viene a la mente cuando se recorren estos programas es aquella que daba Foucault sobre la creatividad científica en uno de los debates con Chomsky [20], en el sentido que el progreso de la ciencia se daba como una superposición de grillas que a la vez revelaba nuevos saberes, pero ocultaba otros.

2.3 Cultura y sociedad

Es bien sabido que los centros de creatividad se ven favorecidos cuando se da la intersección de diferentes culturas con distintas creencias, estilos de vida y conocimientos. Momentos en los que la percepción de ideas nuevas requiere menos esfuerzo. Este es precisamente el caso de la sociedad global actual. Hay una

“percepción extrasomática” que es producto de la cibercultura, asimilable al llamado “clima intelectual” que refería Wiener en su libro “Inventar” [21].

Todo comienza con la gente. Si no hay sociedad la ingeniería no tiene sentido. Se tendrá que responder ya no sólo a las necesidades de sociedades actuales, sino a las futuras, al problema de las migraciones, del cambio climático, de la sustentabilidad del planeta, del balance energético, de la geografía del hambre, entre otros.

2.4 El ámbito

El ámbito está constituido por un sistema de actores responsables de reconocer y legitimar la producción de saberes y, dependiendo del clima político, de destruirla. La diversidad es manifiesta. Se trata de un complejo conjunto de especialistas, profesores, científicos instituciones, editores de revistas, jurados de concursos, patentes, que dicen lo que se va a considerar novedad y si está en condiciones de ser incorporado a la cultura. Es el entorno legitimador del acto creativo con la función de filtrar en forma permanente todo lo que se produce, con el consecuente difícil equilibrio de eliminar o aceptar lo que los miembros producen. Un proceso en el que inevitablemente mucho se pierde.

A nivel global se está tratando el problema de la protección legal de la novedad en el campo del diseño industrial. Pone una vez más en evidencia la velocidad a la que se dieron los procesos en contraposición a la inercia de los sistemas de protección de la propiedad intelectual en el campo industrial. Esta discusión está íntimamente asociada al vacío en cuanto a la protección legal completa de un diseño industrial en el que entran diferentes subcapas de innovación, además de aquella asociada a la forma estética. Normativas que deben ser contempladas y facilitadas en tiempo y forma, contemplando la inserción del producto industrial tanto en el mercado local, como internacional. Para ello será necesario ampliar los concepto jurídicos de diseño (que sólo se limitan a la parte estética) abordando la funcional, la espacial, iconos, interfaces de usuario (UI), entre otras, de una manera sencilla, rápida y flexible, generando nuevas soluciones, como el reciente múltiple registro, ya vigente en Europa.

3. El desarrollo del pensamiento creativo en las carreras de ingeniería

Según lo analizado sobre creatividad la enseñanza superior, en particular la de la ingeniería, es parte de la estructura de relaciones definidas en el fenómeno de la creatividad y tiene que definir la naturaleza de las relaciones que posibiliten preparar la mente de los alumnos, dentro del campo disciplinar, con la mirada puesta en la sociedad en la cual se insertan sus futuras actividades profesionales, con la normativa y conocimiento del arbitraje que regula la futura actividad profesional.

3.1 Enseñar en la acción

Como anticipamos en el resumen, los ingenieros no solamente trabajan con lo que existe, sino que también con intangibles, operan sobre lo que todavía no es. En esta medida, se entiende que existe un proceso creador comparable al presente en las disciplinas de diseño. En particular el diseño industrial.

A partir de lo analizado, la creación surge desde muchas fuentes, no sólo de la cabeza del creativo. Se puede estimular desde muchas formas externas.

De allí que, se puede potenciar la creatividad propia de los alumnos durante la carrera de ingeniería, generando interacciones con el resto de los sistemas y no quedarse sólo con el hecho de aprender los contenidos curriculares.

Tampoco suponer que se va a dar como un hecho espontáneo, una forma especial de valor agregado durante la formación o una simple segregación específica de la vida universitaria. Tendrán que construirse los espacios para estas actividades y formarse los recursos humanos docentes. Espacios físicos concretos (por ej. FABLABS), espacios virtuales diseñados para esta particular actividad de pensamiento y docentes capaces de reflexionar sobre la acción realizada [22-23].

3.1.1 El taller de diseño y la didáctica proyectual

En los currículos universitarios de las carreras de ingeniería el diseño industrial se encuentra ausente. En algún caso existe en alguna materia optativa en la forma de diseño de producto.

En este trabajo consideramos la necesidad de introducir en las carreras de ingeniería, aspectos básicos de la formación de los diseñadores. En particular la tarea realizada en los diferentes talleres de diseño, es decir la actividad proyectual.

Hoy toda empresa reconoce que cuando el diseño está presente desde el primer momento en sus iniciativas, el éxito es superador. El paradigma de esta implementación es Apple.

Hablar de talleres de diseño va de la mano con la didáctica proyectual.

La Didáctica Proyectual que se utiliza en las carreras de diseño persigue la reestructuración mental del estudiante para que sea un creador. Se centra en el pensamiento creador mismo. Reflexiona sobre el rol docente y cuestiona sus estrategias. Para ello hay que identificar elementos conceptuales y operativos particulares para el desarrollo de una actividad.

Las ocho características de la Didáctica Proyectual [24] refieren al alumno, al proceso de diseño, al profesor con el grupo y al impacto social de lo producido. Se dan en forma simultáneas y son las siguientes:

a) Educación integradora (lograr que el estudiante incluya su conciencia, sensibilidad perceptual, sentimientos, racionalidad, voluntad en la acción, siendo el profesor quien debe hacer brotar y fluir la energía creadora del alumno).

b) Educación personalizada, en el sentido de despertar la actitud propositiva, productiva y original en cada alumno, y para ello la tarea del docente es identificar a cada estudiante en su potencial individual y singular, a la hora de aportar soluciones,

c) Es una didáctica experiencial, en el que cada alumno sigue su propia trayectoria de búsqueda, con sus errores y aciertos, que será tarea del docente hacer que la propuesta dada lleve a resultados concretos y evaluables.

d) Se trata de una docencia sintetizadora, el alumno deberá llegar a una síntesis creadora a partir de los criterios dados por el docente que sigue de cerca el proceso.

e) Es una enseñanza sistematizada, en el que el orden pasa a ser un elemento sustancial para llevar el proceso proyectual hasta el final, para ello el docente tendrá que proponer formas diferentes de pensamiento. Se trata de construir una aptitud que contemple la fluidez (capacidad de encontrar toda una familia de soluciones dentro de una misma categoría), la flexibilidad (capacidad de encontrar soluciones en múltiples categorías); la originalidad (lo nuevo en las propuestas), la elaboración (la capacidad de poner en marcha las ideas, los procedimientos pensados, es decir algún grado de concreción).

f) Una didáctica propiciadora del proceso de diseño, donde el docente logra la empatía del alumno con el tema, logrando su completo compromiso.

g) Una didáctica participativa en que el docente trabaja con el grupo, tanto a nivel individual como grupal, a lo largo de todo el proceso de producción, y finalmente,

h) una didáctica selectiva en el sentido de poder reconocer talentos.

La idea de base es la formulación de proyectos con un aporte novedoso y para ello se requiere formar en la síntesis creadora individual. Es decir, se trata de tener una mirada docente propicia a la generación de ideas originales, paralela al desarrollo de las habilidades proyectuales.

Para ello será necesario comenzar a discutir qué se entiende por el pensamiento proyectual en ingeniería.

Es frecuente escuchar hablar de la formación del pensamiento físico, de la visión arquitectónica, de la mirada proyectual en los diseñadores, pero no es tan frecuente hablar del arte de pensar la ingeniería, del pensamiento ingenieril como algo a ser formado en la carrera, con sus dimensiones técnicas, estéticas, sociales y semióticas, pero también con aristas fuertemente arraigadas a la economía, al manejo de recursos, al control de procesos, a un acabado sentido de responsabilidad social.

Tal vez la dificultad resida en que este tipo de afirmaciones tiene algo de misterioso, de indefinible. Es como hablar de algo tan abstracto como la fe, un tipo de experiencia no conseguible mediante la enseñanza formal, pero revelado en alguna forma de intuición que nos permite reconocerlo cuando lo encontramos. Se percibe como la puesta en juego de una forma de inteligencia visionaria, que posibilita ver e integrar de una manera nueva, sintética, lo real, pero al mismo tiempo, hay muy poca reflexión sobre este aspecto esencial o bien, si la hay, el docente siente que es difícil transmitir lo que el otro no está preparado para aprender.

Al mismo tiempo hay una infraestructura tacita, no consiente, formada por ideas, conceptos, supuestos en el campo de la ingeniería que también pueden comportarse como obstáculos a la hora de asimilar los cambios tecnológicos y que sería bueno poder esclarecer. Esta estructura subconsciente se va formando a lo largo de los diferentes cursos y la fragmentación de los mismos, transmitiéndose en forma

silenciosa y solapada. ¿Cómo es influenciada esta infraestructura por el desarrollo tecnológico y los problemas globales de las sociedades?

Gran parte de la revolución newtoniana cristalizada en la teoría de la gravitación universal, tuvo que ver con romper con la creencia tácita que la materia terrestre era diferente a la celeste y, en consecuencia, la luna podía caer hacia la tierra como cualquier otro objeto. En ingeniería este tipo de cambios se manifiesta por ejemplo, cuando los combustibles fósiles, comienzan a ser reemplazados por nuevas formas de energía de diversos orígenes, en particular la nuclear, o los órganos humanos pueden ser impresos en una impresora 3D y reemplazados.

Lograr un pensamiento creativo en los alumnos tiene que ser un objetivo transversal a toda la carrera. Debe iniciarse desde el primer día de clase. Para ello hay que distinguir entre el proceso creativo de la creatividad.

Muchas son las actividades que se han definido para trabajar este tema en el campo profesional. Desde las recomendaciones para entrenar a los alumnos no sólo en encontrar los resultados esperados (buscar implica la capacidad de re-conocer el objeto de la búsqueda) y despreciar los inesperados como erróneos (serendipia)

Se trata de generar actividades que permitan al alumno despertar su interés y sus ganas de explorar, pero sobretodo que pueda experimentar el placer en el esfuerzo.

Wagesnsberg afirmaba “el mejor método para transmitir un conocimiento acaso sea el mismo que ha servido para crearlo” [25].

3.1.2 *La creatividad: ciclo básico vs ciclo superior.*

El ciclo básico se centra en la formación del campo mismo, en particular en las ciencias duras durante la primera parte de la carrera para pasar, luego, progresivamente, a una fase de especialización, la cual varía según la orientación de cada carrera, contando con materias electivas y obligatorias.

La articulación de las ciencias básicas con las distintas asignaturas es un fenómeno complejo, siempre incompleto. En asignaturas del ciclo superior, como Mecánica de los Fluidos, se pone en evidencia las grandes deficiencias en la construcción de las herramientas matemáticas asociadas a la mecánica del cuerpo puntual, del cuerpo rígido, el uso de operadores vectoriales y análisis matemático en varias variables, a la resolución de ecuaciones diferenciales, entre otros conocimientos del ciclo básico, mostrando claramente que dichos conocimientos se han aprendido en forma mecánica, dentro del contexto abstracto de una guías de problemas con mayor o menor dificultad, y no como genuinas herramientas para poder modelar problemas de la ingeniería actual. Sigue siendo evidente la vigencia de las tres características típicas de la enseñanza tradicional que son: conocimientos desproblematizados (ausencia de los problemas que le dieron origen), descontextuados (tanto a nivel de la vida cotidiana como en relación al nivel de los prerrequisitos que son necesarios para su entendimiento) y, finalmente, desintegrados (en cuanto a los aspectos metodológicos-

conceptuales). Con lo cual, esta formación profunda en el campo disciplinar, necesaria para nutrir a las mentes creativas, en la medida que no se busquen soluciones complementarias, es limitada y en cierta forma artificial y circunscribe la capacidad de buscar soluciones a problemas con el nivel de abstracción de los conocimientos que debieron ser aprendidos.

Los talleres de diseño tendrán que dar lugar a la puesta en juego de otras formas de pensamiento no deductivas, a valorar las otras lógicas humanas como son la lógica asociativa (similitudes, diferencias, consonancias, dependencias), la combinatoria (descomposición estructural o funcional de objetos o problemas y su recombinación en forma sistemática o aleatoria), la analógica (análisis de lo parecido en diversos dominios y deducción final de posibles leyes de relación), la lógica abductiva (construir el todo desde sólo algunas de las partes), la onírica (exploración de procesos inconsciente, sueños, miedos, fuera de toda censura y su introducción voluntaria en el proceso creativo), la tormenta de ideas (emergencia del pensamiento lateral), entre las formas más frecuentes.

3.1.3 Creatividad e investigación

Una tarea a realizar dentro del ámbito académico es desmitificar la investigación desde la mirada del alumno como algo al que sólo se accede luego de haber terminado la carrera. Usualmente, se incorpora a los alumnos de los últimos años a los grupos de investigación para que realicen los trabajos finales.

Esa costumbre pudo haber tenido impacto positivo en un mundo académico poco cambiante. La rapidez de cambio de las problemáticas actuales y el hábito de formar en conceptos nuevos demanda un pensamiento abierto y un lenguaje interdisciplinar que solo se encuentra en la investigación científica o en talleres especialmente diseñados de investigación para alumnos de ingeniería, en que la investigación sea sinónimo de indagación libre, pero guiada.

Desde el punto de vista de los alumnos la imagen de la investigación es embrionaria. Varias ideas confusas que se solapan en el imaginario social como son la profesión de investigador como tal, la actividad de investigación científica “per se” en las ciencias básicas, la investigación aplicada propia de las actividades ligadas a la tecnología, entre otras.

Una solución posible es la incorporación de los alumnos desde los primeros años de la carrera a grupos de investigación o bien a talleres específicamente diseñados. En ambos casos es fundamental contar con tutores capacitados y dedicados a esta tarea de formación específica. Se introduce al alumno a la problemática que trata el grupo de investigación, pero desde una mirada formativa. Dicha tarea, paralela y complementaria a las asignaturas de la carrera, debe entrenar a los alumnos en la aplicación de las herramientas matemáticas y conceptuales que van progresivamente aprendiendo en el ciclo básico de la carrera, al modelado de problemas actuales de ingeniería, tarea que debe ser enriquecida por herramientas informáticas específicas para la obtención de resultados a corto plazo y por la interacción entre pares. Los modelos permiten la reformulación permanente para

ajustar los datos de la realidad y conllevan necesariamente al descubrimiento. Cada movimiento que va de una elección a la otra en cualquier modelo, por simple que éste sea, tiene su propio potencial creador que también tiene que ser evaluado. Hoy el aprendizaje pasa por múltiples herramientas, que van desde las tradicionales hasta las impresoras 3D. Por ejemplo los diseños naturales se caracterizan por cumplir principios de optimización formal, estructural y funcional. Resistir las fuerzas del medio ambiente es uno de los imperativos de toda estructura natural. De allí el enunciado, largamente conocido, de principios de máximo – mínimo (máxima resistencia-mínimos materiales). El término optimización es un concepto originado en el área de las matemáticas. Se trata de medir la calidad de una decisión mediante la maximización o minimización de una función llamada *función objeto* aplicada a un vector n-dimensional de variables de decisión. En particular, cuando se hace referencia a la forma se habla de variables de diseño. Muchos de los métodos referidos a la optimización de la forma de piezas mecánicas están basados en asegurar que el esfuerzo relativo a la resistencia no supere los valores admisibles adoptados o que los desplazamientos o deformaciones estén dentro de los límites de las propiedades mecánicas deseadas. Los mismos van desde el llamado método exhaustivo (realizar todas las combinaciones posibles con los valores que admiten las variables) hasta los más novedosos, basados en algoritmos genéticos, derivados de la inteligencia artificial, los cuales imitan, precisamente, los procesos de cruzamiento, mutación y selección natural de la evolución de la vida.

Los alumnos tienen que estar en contacto con la sociedad y sus problemáticas a lo largo de toda la carrera. Tienen que conocer los problemas a resolver, los grandes nichos de investigación, las oportunidades de desarrollo.

3.1.4 Concursos y Jornadas para alumnos

En cuanto a actividades para el ciclo superior, sumado a lo anterior, es cada vez más frecuente la organización de concursos que permitan la integración de alumnos de diferentes orientaciones ingenieriles y de diferentes años, nucleados en temas o problemáticas suficientemente abiertas como para que todos puedan aportar una mejora desde sus propias formaciones y de la articulación entre ellas. Un ejemplo de ello es el concurso de la Universidad Católica Argentina (UCAFI 2014), bajo la temática del reciclado de plásticos, propiciando la formación de grupos con alumnos de diferentes carreras. Es el caso del joven inventor del sensor de cáncer de páncreas, ya mencionado, quien también fue ganador de un concurso de ciencias en su escuela. A estos concursos se suman otros destinados a graduados, como los que organizan las organizaciones profesionales, en Argentina, el ya tradicional Pre-Ingeniería del Centro Argentino de Ingenieros (CAI), con su premio al mejor trabajo final de ingeniería. Para realizaciones más ambiciosas se encuentra el concurso nacional “Innovar”. A ellos se suman una gran variedad de concursos internacionales, que son usualmente ignorados, en la medida que no haya una gestión organizada desde las propias instituciones para fomentar su participación. Muchas veces estos concursos tienen por premio pasantías a empresas, la posibilidad de hacer cursos de posgrado libre de matriculación, o bien, financiamiento para llevar adelante los desarrollos.

Otro rasgo que hemos podido experimentar en múltiples ocasiones es que cuando una mente creativa, usualmente proveniente de carreras de diseño, adquiere un saber matemático, por básico que éste sea, inmediatamente será asociado a alguna problemática largamente reflexionada, dando lugar a la novedad.

A modo de ejemplo, un diseñador industrial, luego de rever un tema básico de matemática, puede relacionarlo con algunas de las ideas que viene trabajando, sin dificultad. Sólo para ilustrar con un caso concreto, luego de presentar en un curso de posgrado a diseñadores el tema de isomerismo y alometría, ligado al problema de cambio de forma con el aumento de tamaño en los seres vivos, un alumno pudo llevar este saber (teoría elemental de logaritmos) al plano de su trabajo profesional, estudiando la relación alométrica entre las variables asociadas al producto en que estaba trabajando, en este caso “pañales infantiles”. De este modo, pudo analizar con una nueva herramienta, la clásica distribución de los talles, ver que se podía optimizar mejor algunos de ellos, procediendo, luego, a la reformulación dimensional de los diseños establecidos [26].

Sin duda el futuro está sesgado por los actos creativos del presente. El acto creativo produce la sensación de formar parte de una realidad mucho mayor que nosotros mismos, similar al éxtasis místico, al escuchar una sublime pieza musical, al contemplar un obra de arte, con la gran diferencia que todos estos estados no dejan un producto final, a diferencia del acto creativo. Se trata de hallar el gozo en la propia actividad, de estimular la actividad lúdica en el origen mismo del pensamiento

El desafío actual de la educación superior en ciencias e ingeniería es formar a los alumnos para abordar problemas nuevos, esperando lo inesperado, y dotando a nuestros alumnos de cierto grado de creatividad para enfrentarse a lo desconocido. En síntesis dar múltiples herramientas de diferente naturaleza para afrontar la incerteza.

4. Conclusiones

Este trabajo ha tratado de ser una reflexión sobre nuevas ideas a introducir en la carrera de ingeniería para mejorar la creatividad de los futuros profesionales, tanto en el ciclo básico como superior de la carrera.

Se ha presentado la paradoja global de la falta de ingenieros en los próximos 20 años, una reflexión sobre el fenómeno de creatividad articulado a los valores epistémicos de Morin, se ha señalado la necesidad de incorporar actividades asimilables a los talleres de diseño, la importancia del rol de la investigación guiada y diseñada para desarrollar la creatividad en los estudiantes desde los primeros años, el modelado y el uso creciente de herramientas informáticas a lo largo de toda la carrera, la participación de concursos, la creación de nuevos espacios, entre otras actividades, que den lugar al juego de la creatividad y al intercambio entre pares, abordando problemáticas actuales, interdisciplinarias.

La implementación es sin duda, una tarea creativa a emprender por las instituciones, que demandará la formación de docentes de la carrera en aspectos de la didáctica proyectual y la enseñanza para la acción.

Bibliografía

[1] PANOIA, M. (2013). *Los graduados en ingeniería en el mundo*. Buenos Aires: Perfiles, año 8, No. 19.

[2] SAN MARTIN, R. (2009). *Se gradúan casi 4 abogados por cada ingeniero* [en línea]. Buenos Aires: La Nación 29-08-2009, pág. 14. <http://www.maraustralis.com/a300809/a300809uni.html> [Fecha de consulta: 07/09/14].

[3] MINISTERIO DE EDUCACIÓN: (2013), Programa Nacional de Becas Bicentenario para Carreras Científicas y Técnicas; http://www.infoleg.gov.ar/basehome/actos_gobierno/actosdegobierno06-10-2008-1.htm [Fecha de consulta: 07/09/14].

[4]. GIULIANO, G. Y MIRALLES, M. (2009). "La importancia de la cuestión ontológica en la enseñanza de la ingeniería: ¿Qué es la tecnología?" En Published by Claudio da Rocha Brito & Melany M. Ciampi 2009. *Proceeding de la VI Internacional Conference on Engineering and Computer Education, ICECE'2009*: Trabajo 713, (págs. 1061-1064).

[5]. BROCKMAN, M. (2009). *La ciencia del futuro: los mejores investigadores del siglo XXI reflexionan sobre los nuevos desafíos de la ciencia*. Barcelona: RBA, 2010. 1 era. ed.

[6]. REES M. et al;(2002) *Los próximos 50 años: el conocimiento humano en la primera mitad del siglo XXI*. Barcelona: Kaidós. 2004. 1era. ed.

[7]. DE BONO, E. (1991). *El Pensamiento lateral: manual de creatividad*. Barcelona: Paidós 1998, 1era. ed-

[8] BOHM, D. y PEAT, F.D. *Ciencia, orden y creatividad: Las raíces creativas de la ciencia y la vida*. (1987). Barcelona: Kairós, 1998, 2da. ed.

[9] WILLIAMS, C. (1984). *Los orígenes de la forma*. Barcelona: GG Diseño, Editorial Gustavo Gill, S. A. 1era. ed.

[10] PICASSO, P, Proverbial. [en línea], <http://www.proverbia.net/citasautor.asp?autor=757>; [Fecha de consulta: 07/09/14].

[11]. GHERSI I., VECCHIO R. y MIRALLES, M. (2013). "Innovaciones en Diseño de Dispositivos Médicos: Integración y Contexto en la Teoría de los Sistemas Complejos"; En Editorial Aulas y Andamios, Editor; Aqto. Guillermo Ruiz Rodríguez, XXVI

Jornadas de Investigación y VIII Encuentro Regional SI + PI Proyecto Integrar, págs 1215 a 1222;).

[12] MORIN, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Buenos Aires, Ediciones Nueva Visión, 2011. 6ta. Reimp

[13] MORIN, E. (1999). *La cabeza bien puesta. Repensar la reforma. Reformar el pensamiento*. Buenos Aires, Ediciones Nueva Visión, 2008. 7ta. Reimp

[14] CSIKSZENTMIHALYI, M. (1998). *Creatividad: El flujo y la psicología del descubrimiento y la invención*. Barcelona: Paidós, 1998. 1era. ed.

[15] FERGUSON E.S. (1999). *Engineering and the Mind's Eye*. Cambridge: MIT Press.

[16] VICENTI, W. G. (1990). *What engineers know and how they know it? Analytical studies from aeronautical history*. London: The Jhon Hpkins University Press, 1993.

[17] BOURDIEU, P. (2008). *Capital cultural, escuela y espacio social*. Madrid: Siglo XXI Editores, Biblioteca Clásica de Siglo XXI. 1era. ed.

[18] ANDRAKA, J. (2013). *A promising test for pancreatic cancer from a teenager* [en línea]. TED 2013; https://www.ted.com/talks/jack_andraka_a_promising_test_for_pancreatic_cancer_from_a_teenager [Fecha de consulta: 07/09/14].

[19] NACHMANOVITC, S. (1990). *Free Play. La improvisación en la vida y en el arte*. Barcelona: Paidós-Entornos 1, 2011, 6ta. ed.

[20] Debate Noam Chomsky & Michel Foucault - *On human nature*, youtube, <https://www.youtube.com/watch?v=3wfNI2L0Gf8>. [Fecha de consulta: 07/09/14].

[21] WIENER, N. (1993), *Inventar: sobre la gestación y el cultivo de las ideas*. Barcelona: Tusquets Editores, Metatemas, Libros para pensar la ciencia, 1995.

[22] ROGET, A. D. (2014) *El profesional reflexivo* (D.A. Schön): Descripción de las tres fases del pensamiento práctico, http://www.practicareflexiva.pro/docs/D.SCHON_FUNDAMENTOS.pdf [Fecha de consulta: 07/09/14].

[23] SHÖN, D. A. (1998). *La formación de profesionales reflexivos: hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Barcelona: Paidós. 1era. ed.

[24] MONTELLANO TOLOSA, C (1999). *Didáctica Proyectual*. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Tecnológica Metropolitana. 1era. ed.

[25] WAGENSBERG, J. (2002). *Si la naturaleza es la respuesta ¿cuál es la pregunta?* Barcelona: Tusquets Editores 2008, 1era. ed. Metatemas. Pág. 105.

[26] PÉCORA, F., MIRALLES M., PATERSON R. PATERSON A, VECCHIO, R. (2011) "Biomecánica y rediseño de pañales a partir de consideraciones alométricas". En Editorial Sociedad Argentina de Bioingeniería (SABI). *Memorias del XVIII Congreso Argentino de Bioingeniería y VII Jornadas de Ingeniería Clínica*; http://www.sabi2011.fi.mdp.edu.ar/proceedings/SABI/Pdf/SABI2011_82.pdf
[Fecha de consulta: 07/09/14].