De la Creatividad Pragmática a la Ingeniería Científica –El Proceso Enseñanza-Aprendizaje Mediante Núcleos Integradores– (parte II). Marco Conceptual.

José Antonio Aquino R., Leonel Corona R., Víctor Darío Cuervo P.
Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas, UPIITA
Instituto Politécnico Nacional, IPN

Resumen- En este trabajo se presenta, vía un marco histórico, la trayectoria por la que ha transitado la Ingeniería, desde su inicio como un oficio, hasta su institución como profesión, de lo cual presentamos un análisis en el que pormenorizamos características inherentes a los ingenieros de todos los tiempos. En ese tenor, considerando que es algo indispensable, hoy más que en cualquier otra época, proveer de una sólida formación en ciencias básicas -matemática y física- principalmente, es imperioso también aportar al estudiante de ingeniería, desde el inicio de sus estudios, de identidad en cuanto a su formación, y de destino en cuanto a su desarrollo ocupacional. Por lo tanto son necesarios, durante su caminar por las ciencias básicas, los *núcleos integradores* que preparen al estudiante en cuanto a actitudes, habilidades y saberes propios de un ingeniero en ciernes, buscando con esto una formación integral en toda la extensión de la palabra y en toda la extensión de sus estudios. La propuesta va encaminada al desarrollo de proyectos en las tres etapas en las que se divide la currícula ya sea flexible o rígida, en ciencias básicas, en ciencias básicas de ingeniería y en aplicativas de ingeniería.

Abstract- This article deals with a description of the Engineering evolution. It considers this evolution since the engineering origin until the days when it arose as a professional activity. In the analysis, important engineer characteristics are presented in every period. Besides strong education in basic science, teaching identity to the student –in his knowledge- and behavior –in his practice- has a great value. This must be done since the very beginning of their studies. One way to do this is working in *integration teams* that have the capability to teach the student attitudes, abilities, and knowledge related to the Engineering profession. This is intended to get an integral education. We suggest that students must develop *integration projects* in each one of the three stages of the *curriculum* either “straight” or “flexible” and in basic science, basic engineering science, and applied engineering science.

Keywords: Education of the Engineering, Creativity, Scientific Engineering, Synergy.

Palabras clave: Enseñanza de la Ingeniería, Creatividad, Ingeniería Científica, Sinergia.

DESARROLLO- De acuerdo con la primera parte de esta investigación, en la época actual, las ciencias básicas son el fundamento de la ingeniería científica. En este marco, se ha pensado, quizás porque así lo requiere un plan de estudios cuyo fundamento son las ciencias básicas, que el desarrollo de actitudes y habilidades, tiene que suscitarse de manera lineal o secuencial. Esto, en analogía con la impartición tradicional de los conocimientos en la trayectoria curricular. Sin embargo, la formación del ingeniero, empieza a darse una vez que se comienzan a hacer trabajos y proyectos coherentes con una carrera de ingeniería. De esto se han percatado profesores de escuelas de ingeniería iberoamericanas donde se ofrecen "núcleos integradores" mediante proyectos. Tales se realizan en las tres etapas en las que se divide el plan de estudios:

Ciencias básicas.

Ciencias básicas de ingeniería

Ciencias aplicativas de ingeniería [6].

Una de esas escuelas es la Universidad Bucaramanga de Colombia, particularmente en la carrera de Ingeniería Mecatrónica. En su página de internet, manifiestan que el propósito de los proyectos integradores es la orientación del estudiante para desarrollar investigación formativa en algún aspecto de la ciencia o de la ingeniería. Se desarrollan en cuatro etapas diferenciadas: proyecto integrador de ciencias básicas, proyecto integrador de ingeniería, trabajo de grado y práctica empresarial [6].

Con los proyectos integradores de ciencias básicas, se pretende que los estudiantes apliquen los conceptos adquiridos, en la solución de problemas relacionados con dichas ciencias. Con ello, integran las asignaturas cursadas en cada uno de los tres primeros semestres. Estos proyectos integradores están orientados por un equipo docente que les hace seguimiento y los evalúa.

Los proyectos integradores de Ingeniería Mecatrónica, le permiten al estudiante, ejecutar un proceso de investigación en el área relacionada con su profesión e integra las asignaturas de los cuatro semestres intermedios de la carrera. El proyecto debe incorporar trabajo experimental, modelado matemático, o ambos. Con cada proyecto integrador el estudiante habrá ganado experiencia en trabajar un tema, dentro de un tiempo establecido, con recursos propios y de la universidad [6].

El proyecto de grado en Ingeniería Mecatrónica le permite al estudiante realizar un proyecto de investigación en asociación con la industria sobre un tópico relacionado con el diseño de sistemas mecatrónicos. El proyecto es supervisado por un miembro del *staff* académico y debe ser ejecutado en un año a partir del octavo semestre.

Por último, la práctica empresarial, es una experiencia curricular cuyo propósito es que los estudiantes tengan un contacto con las instalaciones y talleres de las empresas, a fin de conocer sus problemas y recibir la experiencia viva e inmediata del trabajo; es decir, conocer su real campo profesional mediante la experiencia de diseñar y utilizar procesos para resolver problemas dentro de la empresa [6].

El Departamento de Ingeniería Electrónica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid, en su artículo titulado "Currículo en Electrónica Centrada en el Aprendizaje Basado en Proyectos" establece: "El papel de la electrónica se torna fundamental en su integración con otras disciplinas como son la Telemática, el procesado digital de la señal y las comunicaciones. Por este motivo, a la hora de diseñar un currículo de Sistemas Electrónicos, no sólo nos debemos centrar en los aspectos teóricos de los Sistemas Electrónicos, sino también en la aplicación de la electrónica a esas disciplinas". Este punto de vista es especialmente importante en los estudios de Ingeniero de Telecomunicación, que son un compendio de las tres disciplinas [5].

Ellos, al igual que los colombianos, optaron por asignaturas llamadas también "integradoras" para desarrollar nuevas capacidades que completan la formación del alumno y le preparan mejor para el mundo laboral. Entre estas competencias destacan:

- Capacidad de acopio de requisitos. A menudo se proporciona al alumno información imprecisa o incompleta, de forma que deben conseguir una definición de requisitos de sistema cada vez más refinada, preparándose para lo que les deparará el desarrollo de sistemas a nivel profesional.
- Autorregulación y compromiso. El estudiante se involucra más en el proceso de aprendizaje debido a que especifica sus propios objetivos dentro de los límites aconsejados por el profesor del curso.
- Cooperación y trabajo en grupo. Los estudiantes deben ser capaces de organizarse por sí mismos, dividiéndose el trabajo y realizando la integración de las diferentes áreas.
- Enfoque interdisciplinario. El alumno resuelve problemas complejos que abarcan el conocimiento de varias disciplinas.

Estas capacidades son requisitos muy importantes demandados por la industria, como se deduce de unas de las conclusiones más importantes del *Career Space Consortium*: "No

es suficiente aprender temas teóricos y aprobar exámenes, sino aplicar las técnicas aprendidas a situaciones reales. Esto es particularmente importante para enfatizar las conexiones entre diferentes aspectos, tener una visión global del sistema y comprender las restricciones prácticas, humanas y tecnológicas del mundo real" [5].

Respecto a eso, profesores españoles distinguen cuatro núcleos integradores, donde el último de ellos es nombrado Proyecto Fin de Carrera (PFC), equivalente al trabajo de grado de la universidad colombiana antes mencionada. Aunque no lo aclaran, es evidente que cada etapa puede irse ubicando de acuerdo al nivel que van adquiriendo, en cuanto al curso de sus asignaturas, los alumnos [5].

En algunas escuelas de ingeniería del IPN, se ha implementado el curso obligatorio de asignaturas denominadas proyecto terminal o trabajo terminal, equivalente al PFC hispano; sin embargo, carecen de núcleos integradores en el resto de sus planes de estudio. Es necesario tener, como mínimo, un núcleo integrador por cada etapa en que se divide un plan de estudios de ingeniería y, más que necesario, en carreras de ingeniería de carácter transdisciplinar. La implementación de estos núcleos integradores en planes de estudio flexibles estaría supeditada a la cobertura de cierto número de créditos cursados por el alumno. Los núcleos serían asignaturas en las que la evaluación estaría a cargo de varios profesores, incluyendo a gente de diferentes academias o departamentos. El único requisito sería que impartieran docencia en esas carreras, incluso en niveles de posgrado.

La idea subyacente al emprender esta clase de núcleos integradores es la de dar una prioridad bien definida a dotar de habilidades de carácter tecnológico, de emprendimiento, de liderazgo, creatividad e innovación desde muy temprana hora a los ingenieros en ciernes. Quizás haya quienes defiendan la estrategia de seguir el proceso gradual, comenzando por sentar los fundamentos de la ingeniería antes de abordar la enseñanza de la práctica ingenieril. Por otra parte, también es posible defender la opinión de que sería preferible dar al alumno, tan solo, una base suficiente para que disponga del respaldo necesario para resolver sencillos problemas prácticos, aumentando su acervo científico a medida que aumenta la complejidad de dichos problemas. Esta segunda posición presenta grandes dificultades, pero no es imposible de implementar; aunque, claro, no estará exenta de críticas y de resistencia, misma que debe ser tomada también como punto de referencia, para implementar el cambio.

Observaciones:

La principal fuente de inspiración para la reflexión plasmada en este trabajo fue contestar una serie de preguntas que iban surgiendo, con frecuencia en congresos -aunque también en revistas especializadas-, acerca de la necesidad de cambiar para mejorar. En el marco de los congresos de Mecatrónica en la UAM-A, se decía lo que posteriormente se corroboró en subsecuentes congresos. Una y otra vez, conferencistas explicaban con lujo de detalle y suntuosa presunción estadística que los profesores estaban haciendo poco, o acaso se estaban equivocando, respecto a los métodos en la enseñanza de la ingeniería. “Creemos que no solo sucede en nuestra escuela” -decían los ponentes-.

Con esto en mente, en el presente trabajo, se huye de la exposición de problemas, y se abraza el planteamiento de soluciones para los mencionados hechos, que –dicho sea de paso- no pueden ocultarse con un dedo. Se acudió a la tarea de realizar entrevistas con alumnos emprendedores (miembros de sociedades estudiantiles en la UPIITA). Este tipo de alumnos se cuenta entre los más preocupados, y también más ocupados, respecto a la consecución de logros escolares, quienes, posteriormente, logran trasladar esa actitud a su desempeño profesional.

Una pregunta que casi sonó a reclamo en una mesa redonda con las sociedades estudiantiles fue la siguiente: ¿por qué existe un fuerte componente científico en una carrera donde se necesita, a nivel profesional, un adecuado énfasis en contribuir de forma tecnológica innovadora? La sociedad espera que el ingeniero se constituya en un agente de cambio a favor de la innovación y la atención a nuevas empresas productivas: polos tecnológicos, incubación de empresas mercantiles, desarrollo local. La pregunta tiene cabal pertinencia, puesto que, para tales fines, es necesario no solo dominar bien la matemática y la física, sino que de manera sinérgica, dominarlas considerando la adquisición de habilidades y actitudes propias de los ingenieros de la vieja guardia pragmática [1].

Para satisfacer preguntas como la mencionada se emprendió la búsqueda y creación de respuestas adecuadas. El resultado puede observarse en la siguiente figura.

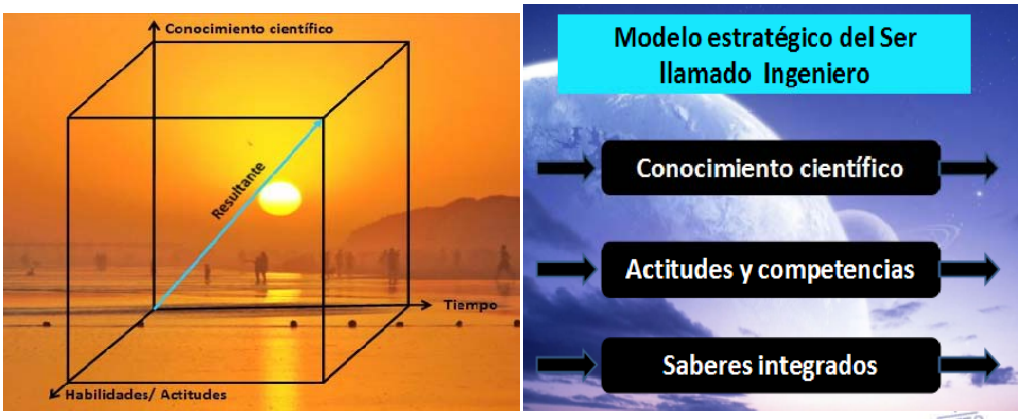

Figura 1. Dimensión en el tiempo en la enseñanza de la ingeniería

Aun con todo, la sociedad aguarda por la resolución de problemas y/o el mejoramiento de la calidad de vida.

En la primera parte de esta ponencia, en donde se utilizaron modelos (I+D+i), se estableció que una de las mejores fuentes de innovación son los usuarios. En correspondencia con ello, se realizaron aun más indagaciones entre los usuarios de los servicios educativos (los estudiantes). De ellas se pudo constatar que conocedores del tema, como Osvaldo Agamennoni, llegan a la misma conclusión que los alumnos: el sistema debería facilitar el aprendizaje y, por consiguiente, propiciar la creatividad, la innovación y el ingenio. De inmediato salta la siguiente cuestión amarrada de la primera pregunta: ¿Cómo vamos a formar individuos creativos e innovadores si no les dejamos innovar con la actual metodología docente que tenemos? [Manuel Márquez Balín, del Comité Español de la FEANI, refiriéndose al sistema español]. La cuestión es que no solo no los dejamos, sino que, en muchos casos, la reprimimos. En ocasiones lejos de incentivar que nuestros alumnos innoven, nos limitamos a evaluar su capacidad de hacer lo que ya está hecho. En ese contexto, se consideró digno exponer la idea desarrollada por colombianos y españoles, en donde, en el papel, en el diseño, se ven las intenciones de sus planes de estudio y se busca lo que necesitamos también en México: un proceso de enseñanza-aprendizaje sinérgico, en donde interactúen de manera conjunta la triada virtuosa de conocimientos, habilidades y actitudes. Esto debe hacerse en cada etapa en que se ha subdividido la enseñanza de la ingeniería científica, de manera tal que se logre el equilibrio necesario en el proceder de un ingeniero durante su trayectoria estudiantil. Todo, desde un punto de partida sinérgico. Vea la figura 2.

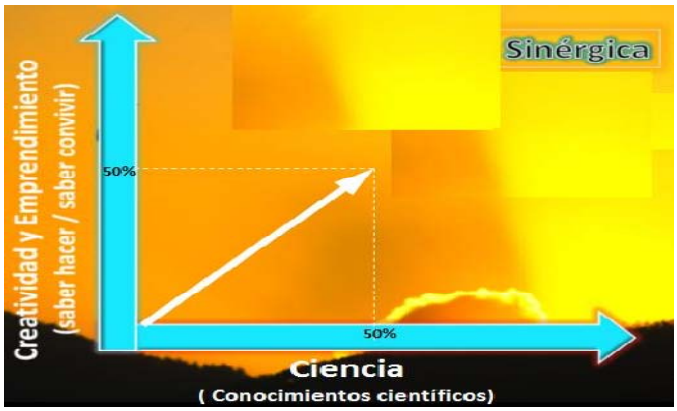

Figura 2. Meta propuesta mediante núcleos integradores a lo largo del plan de estudios.

La idea es clara: no se busca con esto que se modifique la seriedad y la intensidad con la que se abordan las ciencias básicas en ingeniería; sino que, al mismo tiempo, se promuevan, mediante núcleos integradores, las otras características propias de un ingeniero. Éstas son necesarias incluso en el caso de que se deseen salidas laterales en el currículo, puesto que otorgarían la habilitación necesaria, dependiendo el nivel que alcancen en el plan de estudios [5]. Los españoles, en el trabajo mencionado líneas atrás, han hecho la comparativa que puede observarse en la figura 3.

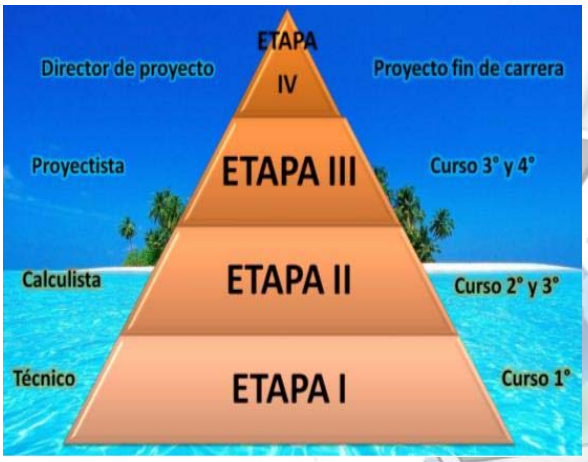

Figura 3 Equivalencia entre etapas de aprendizaje y calendario académico

CONCLUSIONES

Llegando a este punto podemos contestar parte de las cuestiones manifestadas en las conclusiones de la primera parte de la ponencia. En ellas se manifestaba la necesidad de habilitar a los ingenieros mexicanos de manera sinérgica. Esto debe lograrse utilizando una estrategia, siendo apropiada para tal fin, la enfocada en proyectos (núcleos integradores). Esta estrategia ha sido, en parte, detallada en esta ponencia. Asimismo, se añadieron ciertas características de quienes deben implementarlas. También se abordó el enfoque de los mandatos del Nuevo Modelo Educativo del IPN, en cuanto a lo que tocaría a la estrategia de núcleos integradores. Claro está que proponerlo discursivamente o enunciar las directrices, no produce cambios por esos solos hechos. Hay que construirlo todo, a partir de tales directrices o, mejor, construir todo para que éstas puedan llevarse a cabo, incluso teniendo como resistencia al cambio, en ocasiones, a la misma gente quien lo pidió al inicio.

Sin embargo es una buena oportunidad de hacer ingeniería en la enseñanza de la ingeniería misma, de manera tal que pueda esta nación adentrarse en el mundo tecnológico con venturosa suerte.

BIBLIOGRAFÍA

5. C.C. Furnas, Joe MacCarthy “EL INGENIERO” Colección Científica de Time Life, Editado por LITO OFFSET LATINA, S.A. Marzo de 1974.
6. Aquino Robles, José Antonio; Fernández Nava Cecilia. -Sociedades Estudiantiles- Piedras Angulares en el fomento de la Actitud Emprendedora, en estudiantes de Ingeniería. 5º Congreso Internacional en Innovación y Desarrollo Tecnológico CIINDET 2007, 10 al 12 de octubre de 2007, Cuernavaca, Morelos, México
7. Aquino R. J. Antonio; Corona Leonel. Herramientas para el desarrollo Tecnológico y la Innovación gestadas desde las aulas –Actitud emprendedora y creatividad-. CIINDET 2008 IEEE Sección Morelos Octubre del 2008.
8. José Antonio Aquino Robles, Cecilia Fernández Nava, *La Estrategia de Enseñanza basada en proyectos como medio para impulsar la Actitud de Innovación en Estudiantes de Ingeniería*. CIMEEN 2007 30, 31 de Mayo y 1 de Junio de 2007, UAM Azcapotzalco Ciudad de México.
9. Alvaro Araujo, Rubén San Segundo, Javier Macías, Juan Manuel Montero, Octavio Nieto-Taladriz, CURRÍCULO EN ELECTRÓNICA CENTRADO EN EL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS *Departamento de Ingeniería Electrónica. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid*.
10. Facultad de Ingeniería Mecatrónica Universidad Nacional Autónoma de Bucaramanga Colombia Plan de Estudios Nuevo http://mecatronica.unab.edu.co/plan_de_estudios_nuevo.htm

M. en C. VÍCTOR DARÍO CUERVO PINTO

Cursó estudios de licenciatura en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (UPIITA, IPN), en la Ciudad de México, en el periodo 1998-2003.

Obtuvo ahí el grado de Ingeniero en Mecatrónica.

Realizó estudios de posgrado en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV, IPN), en la Ciudad de México, en el periodo 2003-2006. Ahí le fue otorgado el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, en la Sección de Mecatrónica.

Desde el año 2006 y hasta la fecha ha sido integrante de la Academia de Mecatrónica en la UPIITA, IPN. Ha realizado, de forma ininterrumpida, actividades de docencia a nivel licenciatura en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica. Ha desempeñado funciones de Jefe de Materia en cursos de la Academia de Mecatrónica de la misma unidad profesional.

Dirigió los trabajos de titulación a nivel licenciatura titulados:

- Diseño y construcción de una máquina tribológica con la configuración perno sobre disco. UPIITA, IPN. 2007.
- Diseño y construcción de una minifresadora de CNC. UPIITA, IPN. 2007.
- Diseño y construcción de una dosificadora de líquidos ingeribles de uso veterinario. UPIITA, IPN. 2008.
- Diseño y construcción de una estructura flexible para silla de ruedas. UPIITA, IPN. 2008.
- Diseño y construcción de una enroscadora de tapones automática. UPIITA, IPN. 2009.
- Diseño y construcción de una ordenadora de tapas de rosca automática. UPIITA, IPN. 2009.
- Diseño y construcción de un mezclador automático de polvos farmacéuticos. UPIITA, IPN. 2009.