

## La enseñanza de la ingeniería en el siglo XXI

Gilberto A. Vélez Delgado  
Decano Facultad de Ingeniería  
Universidad Politécnica de Puerto Rico  
gvelez@upr.edu

### SINOPSIS

*La enseñanza de la ingeniería durante el siglo XXI tendrá como fundamento o base, y como ha sido ya establecido, las ciencias naturales, las matemáticas, un fuerte componente de las artes liberales, un componente de ciencias de ingeniería y otro de diseño de ingeniería. Lo novedoso será un componente sobre el cerebro y la mente.*

### ABSTRACT

*The teaching of the engineering disciplines during the XXI Century will continue, as has been established already, with a solid foundation in physical sciences, mathematics, liberal arts, engineering sciences and engineering design. A new component about the brain and the mind will be surprisingly attractive both for the professors and the students.*

### I- INTRODUCCIÓN

El tema, según planteado, induce al lector a considerar varias interrogantes en torno al mismo. Algunas de ellas son: ¿Cómo se enseñará la ingeniería durante los próximos 100 años? ; ¿Dónde se conducirán los ejercicios de enseñanza-aprendizaje?; ¿Qué materias se cubrirán en los currículos? ¿Cuál será el énfasis mayor o predominante? En este escrito vamos a responder a la primera y la última pregunta las cuales están íntimamente ligadas.

Durante las décadas del 1930 al 1960 el énfasis de la enseñanza de la ingeniería giró en torno a la tecnología - su desarrollo y aplicación a la ingeniería.

En los años comprendidos entre 1961 y el 1990 el énfasis estuvo puesto en el conocimiento, desarrollo y aplicación de las ciencias de ingeniería. Para los dos lustros del 1990 al presente el énfasis se puso en el diseño de ingeniería. Nos volvemos a preguntar: ¿Cuál será el énfasis de la enseñanza de la ingeniería durante el próximo siglo XXI?

Es imperativo señalar que para tratar este tema se requiere que se establezca o defina el marco de referencia que servirá de fronteras, límites o alcance del tema estudiado. Se puede establecer que por la fuerza de la globalización, el estudiante de ingeniería debe educarse para ejercer su profesión en su país natal o fuera de éste.

De igual forma se debe establecer algunas presunciones o suposiciones que le den base a las respuestas que se propongan. Estas presunciones son las siguientes:

- 1- La población mundial continuará creciendo. Para 1935 había 2.1 billones de habitantes. Hoy hay 6.0 billones lo que representa una tasa de crecimiento de 187% para el período mencionado. Si la misma tasa continúa, la población mundial se duplica cada 40 años [1]. No obstante, las Naciones Unidas pronostican que los 12 billones se alcanzarán en 120 años. Sin importar las normas, procedimientos, controles o leyes que puedan ponerse en vigor en algunos países, la población mundial aumentará durante el siglo XXI.
- 2- Todo desarrollo económico intentado por los distintos países del globo deberá ser sustentable, observando la más cuidadosa y juiciosa protección del ambiente. Es decir, degradar el ambiente en pro del desarrollo económico de los pueblos no es aceptable.
- 3- El aumento en población que se ha postulado implica, o permite inferir, que la demanda de los siguientes servicios seguirá necesariamente aumentando.
  - a- Más abundantes y confiables fuentes de energía eléctrica.
  - b- Más abundantes y confiables fuentes de energía para la transportación aérea, terrestre y marítima.
  - c- Los sectores industriales, residenciales y comerciales exigirán más abundantes y confiables fuentes de energía.
  - d- Se demandarán más y mejores: fuentes de alimento, sistemas de salud, sistema de educación, sistemas de viviendas, sistemas de comunicación, sistemas de transportación terrestre, aérea y marítima, sistemas de producción de textiles, sistemas de abastecimiento de agua potable, sistemas de manejo de desperdicios sólidos, líquidos y gaseosos, y otros.
- 4- El número de ingenieros necesarios para planificar, diseñar, construir, probar, operar y mantener todos los sistemas modernos requeridos

para suplir toda esa demanda también debe crecer continuamente.

- 5- La única ruta a seguir para levantar a todos los pueblos, países o territorios que hoy se puedan llamar o clasificar como subdesarrollados, del tercer mundo o de extrema pobreza, es mediante la aplicación masiva de todas las disciplinas de la ingeniería.

## II- PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Cuando se examina con rigor la situación presente de cada sociedad, pueblo o país, se hace patente el desconocimiento científico, las creencias sin fundamento lógico, juicioso y que respondan al pensamiento crítico, las actitudes que responden aun a patrones de pensamiento que denotan un apego a estereotipos impropios y malsanos, y a la extrema pobreza económica de muchos seres humanos. Es decir, la ignorancia, la superstición, los prejuicios y la pobreza siguen siendo cuatro graves problemas, sino los más graves, que padece cualquier sociedad, aun aquellas que se denominan o identifican como pueblos desarrollados.

En el Estado de Nuevo México de Estados Unidos de Norteamérica se condujo un estudio temprano en la década pasada donde se reveló que los profesores de "kindergarten" a cuarto año de escuela superior tenían una escolaridad en ciencias y matemáticas equivalentes a la escolaridad de un estudiante de noveno grado [2]. ¿Cómo éstos profesores desprovistos del conocimiento científico necesario para educar a sus estudiantes, pueden sacarlos de la ignorancia y de la superstición? Nuevo México implantó un programa en las escuelas de pedagogía diseñado por Dr. Bill Dawes donde, a partir de su implantación, todo estudiante de las escuelas de pedagogía de Nuevo México viene obligado a tomar una serie de cursos sobre ciencias físicas y matemáticas independientemente de la disciplina de su especialización. Es frecuente escuchar a profesionales de todos los campos del saber haciendo referencia a su signo del zodiaco y cómo diariamente consultan el horóscopo para su toma de decisiones. Es imperativo educar a los pueblos para superar la ignorancia y la superstición. En gran medida las diversas doctrinas religiosas han sido las promotoras, posiblemente sin intenciones, o sin proponérselos, de la ignorancia y la superstición.

Cuando una persona, por ejemplo, llega a hacer suyo un conocimiento tergiversado, equivocado o erróneo, obviamente persiste en la ignorancia, es presa fácil de la superstición, y lo induce al prejuicio. Se escucha, con alguna frecuencia, por ejemplo, que los seres humanos de cierta región o de cierto color de piel son inferiores a los de otra región u otro color de piel por su baja capacidad de aprender. Un estudio

sobre estos temas, conducido científicamente, afirmará sin dilación que la hipótesis es incorrecta, confirmando la existencia del prejuicio.

La extrema pobreza es la manifestación visible de la existencia de la ignorancia, la superstición y los prejuicios. Si la religión influye mucho en la ignorancia y la superstición, el nacionalismo irracional se alimenta de los prejuicios y de la pobreza extrema.

Postulamos que la enseñanza de la ingeniería y la práctica de ésta, en todas sus disciplinas, es una excelente, sino la mejor, herramienta para vencer los cuatro problemas agobiantes que impiden el adelanto de los pueblos en subdesarrollo. La enseñanza de la ingeniería se fundamenta en el dominio amplio de las matemáticas, las ciencias físicas y el pensamiento científico en la solución de problemas. Ray Landis[3] define ingeniería como el arte de aplicar los principios de las matemáticas y las ciencias físicas. La experiencia, el juicio y el sentido común para hacer cosas que beneficien al ser humano. En otras palabras, ingeniería es el proceso de producir un producto técnico para satisfacer una necesidad específica.

ABET [4] define ingeniería como aquella profesión en la cual el conocimiento de las matemáticas y las ciencias naturales, adquirido mediante estudio, la experiencia, y la práctica, es aplicado con juicio para desarrollar maneras de utilizar, económicamente, los materiales y las fuerzas de la naturaleza para el beneficio de la humanidad.

El uso de los principios de las ciencias naturales y las matemáticas, mediante el empleo del pensamiento crítico, es un antídoto a la ignorancia, a la superstición y a los prejuicios. El empleo masivo de todas las disciplinas de la ingeniería representa una fuerza incalculable en el crecimiento económico de los pueblos encaminado a levantarlos del nivel de pobreza extrema.

## III- EL PROCESO DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE

El proceso de enseñanza-aprendizaje de la ingeniería - en todas sus disciplinas - deberá mejorarse continuamente. Los elementos principales de este proceso son: la facultad o profesores, estudiantes, currículo y ambiente de estudio.

ABET [5] ha establecido en sus criterios de acreditación que la facultad es el elemento más importante de toda escuela de ingeniería. A continuación cito, en inglés, el criterio 5 de ABET.

### **"Criterion 5. Faculty"**

*"The faculty is the heart of any educational program. The faculty must be of sufficient number; and must have the competencies to cover all of the curricular areas of the program.*

*There must be sufficient faculty to accommodate adequate levels of student-faculty interaction, student advising and counseling, university service activities, professional development, and interactions with industrial and professional practitioners, as well as employers of students."*

*"The faculty must have sufficient qualifications and must ensure the proper guidance of the program and its evaluation and development. The overall competence of the faculty may be judged by such factors as education, diversity of backgrounds, engineering experience, teaching experience, ability to communicate, enthusiasm for developing more effective programs, level of scholarship, participation in professional societies, and registration as Professional Engineers."*

El profesor es quien formula los objetivos del curso, escoge los métodos de enseñanza, escoge los materiales a usar, planifica y diseña su curso, evalúa la enseñanza y el aprendizaje. Además, conoce el perfil del egresado que la institución aspira a graduar dándole una visión de futuro. Es el gerente en el salón de clases.

El estudiante es el segundo elemento en importancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Su aprovechamiento académico en la escuela de ingeniería está determinado por una serie de factores, entre otros, los siguientes: el perfil académico del estudiante, su salud emocional y física, su motivación y determinación para los estudios, las expectativas personales o su visión de futuro y el perfil del egresado según definido por la escuela de ingeniería en particular [6].

El currículo, como variable independiente de esta ecuación, trata los siguientes temas, entre otros, a profundidad: matemáticas, ciencias físicas, ciencias de ingeniería, computadoras, diseño de ingeniería, ciencias sociales y humanidades, diseño de experimentos, diseño arquitectónico, planificación, gerencia de construcción, gerencia ambiental, ciencias ambientales, finanzas, gerencia de personal, ética profesional, seguridad ocupacional, confiabilidad de calidad e impacto social.

El ambiente para la enseñanza-aprendizaje incluye varios factores que han probado ser determinantes para el aprovechamiento académico. El primero a mencionarse es la infraestructura. Este es el criterio 6 de ABET, [5] y lo citamos en inglés.

#### **"Criterion 6. Facilities"**

*"Classrooms, laboratories, and associated equipment must be adequate to accomplish the program objectives and provide an atmosphere*

*conducive to learning. Appropriate facilities must be available to foster faculty-student interaction and to create a climate that encourages professional development and professional activities. Programs must provide opportunities for students to learn the use of modern engineering tools. Computing and information infrastructures must be in place to support the scholarly activities. Programs must provide opportunities for students to learn the use of modern engineering tools. Computing and information infrastructures must be in place to support the scholarly activities of the students and faculty and the educational objectives of the institution."*

El segundo factor es la metodología de la enseñanza. Hoy se habla de la enseñanza basada en problemas ("*problem based learning*"), enseñanza basada en experimentos, enseñanza basada en la cooperación grupal ("*cooperative learning*"), enseñanza basada en la teoría constructivista, y la más antigua y usada metodología basada en la conferencia [7].

Cuando se trata el tema de la enseñanza-aprendizaje, es decir, el proceso que supuestamente se inicia en el salón de clases y en la mente de cada estudiante interactuando con la del profesor, es importante hacer referencia a la taxonomía de objetivos académicos cognoscitivos o que Benjamin Bloom [8] postuló en 1956. El concibió el aprendizaje como un proceso progresivo que se mueve de lo concreto a lo abstracto, del nivel elemental (memorización) al nivel superior (evaluación). Los seis niveles son los siguientes:

- 1- **Memorización** - la persona es capaz de recordar palabras, hechos, fechas, fórmulas, clasificaciones, principios, teorías, etc.
- 2- **Comprensión** - el estudiante es capaz de transponer, interpretar, extrapolar y expresar en su propio vocabulario cualquier cuerpo de información.
- 3- **Aplicación** - el estudiante es capaz de usar la información memorizada para resolver un problema.
- 4- **Análisis** - el estudiante es capaz de identificar los elementos, relaciones y principios organizacionales de una situación o problema.
- 5- **Síntesis** - el estudiante es capaz de ejecutar una tarea personal luego de desarrollar un plan de acción.
- 6- **Evaluación** - el estudiante es capaz de conducir un juicio crítico basado en criterios internos y externos.

Howard Gardner en 1983 publicó su modelo sobre las inteligencias múltiples donde identificó como mínimo siete de ellas. Estas son: inteligencia lingüística, inteligencia lógico - matemática, inteligencia espacial, inteligencia cinestética - corporal; inteligencia musical; inteligencia interpersonal e inteligencia intrapersonal. Para un estudiante de ingeniería es esencial comenzar con la inteligencia lógico - matemática, inteligencia espacial y la inteligencia lingüística. Debe indudablemente, cultivar las otras, pero sin las primeras es muy difícil alcanzar un grado de ingeniería.

Thomas Armstrong [9] establece una relación directa entre las siete inteligencias de Gardner y los seis niveles de profundidad a que las mentes de los estudiantes pueden ser excitadas en el salón de clases en cada curso, aplicable, naturalmente, a la carrera de ingeniería.

#### IV- HABILIDADES MENTALES

Indudablemente el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ingeniería y el aprovechamiento académico de un estudiante en esta disciplina depende, en gran medida, de sus habilidades mentales. [10] Estas son: escuchar o prestar atención, memorizar y recordar, leer, pensar y aprender. La pregunta que todo profesor y estudiante debe hacerse es: ¿Cuál de ellas es la más importante y la más difícil? Hay una de ellas que incluye las otras cuatro. Esta es el aprender. El aprendizaje no se daría si no se lee lo que es correcto y no se lee correctamente la literatura selecta; si no se escucha correctamente y con atención a los que poseen conocimiento; si no se ensancha el acervo cultural con datos correctos, principios científicos y respuestas de aplicación universal; y si no se educa al estudiante a pensar lógicamente, inductivamente y deductivamente y a cómo corroborar que sus inferencias o conclusiones son correctas. El estudiante de ingeniería está obligado a emplear estas habilidades mentales a profundidad porque de ellas emana el ingenio, la capacidad de crear nuevos procesos y sistemas. Se piensa sobre lo que se escucha, se lee o se memoriza. Para que se logre el aprendizaje, ese pensar debe ser creativo, crítico, intuitivo, objetivo y positivo.

El cerebro es el órgano compuesto por neuronas, hormonas y neurotransmisores. La mente es el conjunto de funciones que hace el cerebro. La enseñanza-aprendizaje de la ingeniería en el siglo 21 dependerá cada día más intensamente del uso del cerebro y desarrollo de la mente [11].

#### V- CONCLUSIÓN

La cantidad y calidad de las investigaciones sobre el cerebro y la mente, lo cual se ha multiplicado

enormemente durante la pasada década, continuará creciendo aún más. Con el pasar del tiempo, la investigación y la práctica en evolución resolverán las controversias generadas que han bloqueado la aplicación sistemática de la ciencia del aprendizaje a la educación, particularmente la de la ingeniería. El conocimiento sobre el aprendizaje será una parte fundamental, se anticipa, en la preparación profesional de todo educador, así como de la educación de todo estudiante, particularmente el de ingeniería, durante el próximo siglo.

#### VI- REFERENCIAS:

- [1] The World Today - Internet - <http://www.popexpo.net/emain.html>
- [2] Enhancing Science and Mathematics Pre-Service Education for k-8 Teachers: Recommendations of the Joint Committee on Science and Mathematics Curriculum for Elementary Education Majors; Beel Compheel, et. al. from UNM and Sandia National Laboratory; December 20, 1994
- [3] Ray Landis; "1994 Directory of Engineering and Engineering Technology Undergraduate programs", American Society of Engineering Education, 1994
- [4] Raul H. Wright; "Introduction to Engineering"; Second Edition; John Wiley & Sons, 1994
- [5] "Engineering Criteria 2000"; Third Edition; Engineering Accreditation Commission of the Accreditation Board for Engineering and Technology
- [6] PUPR Undergraduate 2000-2003 Catalog
- [7] Robert Delisle; "How to Use Problem - Based Learning in the Classroom"; Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD); Alexandria, Virginia, 1997
- [8] Richard Pregent, "Charting Your Course"; Magna Publications, Inc.; Madison, Wisconsin, 1994
- [9] Thomas Armstrong; "Multiple Intelligences in the classroom"; Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD); Alexandria, Virginia, 1994
- [10] Jean Marie Stine; "Double Your Brain Power"; Prentice Hall; Paramus, New Jersey, 1997
- [11] Education on A New Era; Edited by Ronald S. Brandt, ASCD, Yearbook 2000; Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD); Alexandria, Virginia, 2000.