

XXI Congreso de Educación en Ingeniería

**“Innovación en la formación de ingenieros
para la competitividad y la globalización”**

Mario Waissbluth

**Departamento de Ingeniería
Industrial**

Universidad de Chile

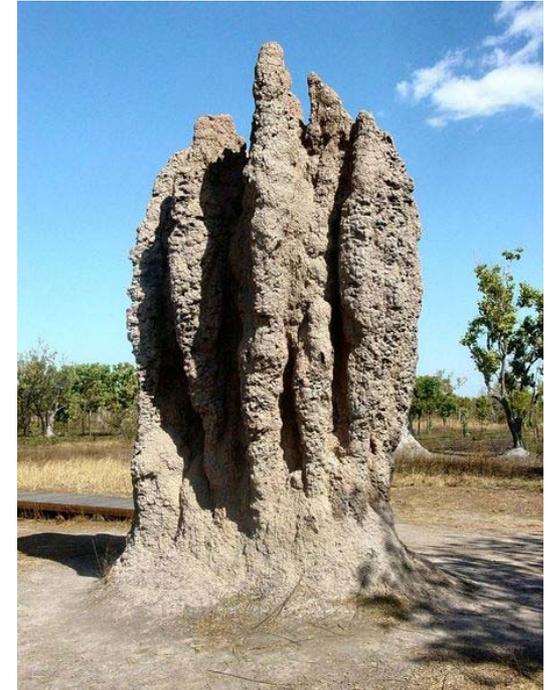
Octubre, 2007

De una Enciclopedia de Marxismo 😊

- **Analysis and Synthesis** are philosophical terms denoting the processes of mentally breaking down of a whole into its constituent parts (analysis), and reconstituting a whole from its parts (synthesis).
- **Dialectics** is a unity of both analysis and synthesis. Both analysis and synthesis take part, alternately, in every stage of the cognition of a thing.
- Both analysis and synthesis arrive at new knowledge of the thing, and both are required for an all-sided knowledge of a thing, breaking it down and identifying its various parts, aspects, and then arriving at a new understanding based on how the parts interact and merge with each other, and gaining a new conception of the parts.

De Wikipedia ☺

- **Complex systems** is a subfield of systems science, which studies the common properties of systems considered complex in nature, society and science.
- The key problems of such systems are difficulties with their formal modeling and simulation.
- In philosophy, systems theory and the sciences, **emergence** refers to the way complex systems and patterns arise out of a multiplicity of relatively simple interactions.
- **Emergence** is central to complex systems and yet very controversial.



“Catedral de termitas”: una propiedad emergente en la naturaleza

La frase que mejor caracteriza a una propiedad emergente en un sistema complejo es..... ¿QUIEN LO HUBIERA DICHO?

De Wikipedia ☺

- The study of ***complex systems*** is bringing new vitality to many areas of science where a more typical reductionist strategy has fallen short.
- ***Complex systems*** is therefore often used as a broad term encompassing a research approach to problems in many diverse disciplines including neurosciences, social sciences, meteorology, chemistry, physics, computer science, psychology, evolutionary computation, economics, earthquake prediction, molecular biology and inquiries into the nature of living cells themselves.

“The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable”. N.N. Taleb, 2007

- **“Certain professionals, while believing they are experts, are in fact not”.**
- **“Based on their empirical records, they do not know more about their subject matter than the general population, but they are much better at narrating, or worse, at smoking you with complicated mathematical models. They are also more likely to wear a tie.”**
- **“Categorizing is necessary for humans, but it becomes pathological when the category is seen as definitive, preventing people from considering the fuzziness of boundaries, let alone revising their categories.”**

(O. de Weck and K. Willcox, Trends in Multidisciplinary Engineering Education: 2006 and Beyond)

- **Graduating engineers should be able to conceive – design –implement –operate complex value-added engineering systems in a modern team-based environment. *(El tema CDIO será tratado en este Congreso por el profesor Edward Crawley.)***
- **O sea... no queremos ingenieros....**
 - reduccionistas,
 - que miran todo con el cristal de una disciplina estrecha,
 - que no entienden o desprecian la complejidad,
 - que no pueden resolver problemas sin tener todos los datos disponibles,
 - que no saben trabajar en equipo, que no saben comunicarse,
 - y que, peor aun, no tienen los fundamentos básicos de las ciencias y de la ingeniería particularmente claros.

¿Claves del éxito?

LAS NUEVE HABILIDADES DE LOS "TOP PERFORMERS" DE BELL LABORATORIES

"Iniciativa": aceptar responsabilidades más allá de tu trabajo normal, promover nuevas ideas y ofrecerse voluntariamente para nuevas actividades.	
"Networking": lograr acceso directo e inmediato a colegas con expertizaje técnico, y compartir tu conocimiento con los demás.	
"Auto-gestión": poder controlar adecuadamente tus compromisos, uso del tiempo, desempeño, y desarrollo de carrera.	
"Trabajo en equipo": asumir responsabilidades conjuntas, coordinar esfuerzos, lograr metas con otros.	
"Liderazgo": formular y construir consensos en torno a objetivos comunes, y focalizarse en su logro.	
"Followership": ayudar al líder a lograr los objetivos de la organización, y hacer tus tareas sin pedir demasiadas instrucciones.	
"Perspectiva": ver tu trabajo en un contexto mayor, y entender los puntos de vistas de clientes, usuarios, colegas, dueños, etc.	
"Show and tell": presentar tus ideas persuasivamente, en forma escrita u oral.	
"Sabiduría organizacional": saber "navegar" en los intereses contradictorios de la organización, para promover la cooperación y lograr que las cosas se hagan.	

NAE attributes of “The Engineer of 2020”

- **Strong analytical skills (synthetic?)**
- **Practical ingenuity, creativity**
- **Good communication skills**
- **Business, management skills; leadership skills**
- **High ethical standards, professionalism**
- **Dynamic/agile/resilient/flexible**
- **Lifelong learner**
- **Able to put problems in their socio-technical and operational context**

Boeing: Desired Attributes of an Engineer (www.boeing.com)

- A good understanding of engineering science fundamentals.
 - Mathematics (including statistics)
 - Physical and life sciences
 - Information technology (far more than "computer literacy")
- A good understanding of design and manufacturing processes.
 - (i.e., understands engineering)
- A multi-disciplinary, *systems* perspective.
- A basic understanding of the *context* in which engineering is practiced.
 - Economics (including business practices)
 - History
 - The environment
 - Customer and societal needs
- Good communication skills.
 - Written, oral, graphic and listening
- High ethical standards.
- An ability to think both critically and creatively - independently and cooperatively.
- Flexibility. The ability and self-confidence to adapt to rapid or major change.
- Curiosity and a desire to learn for life.
- A profound understanding of the importance of teamwork.

Sincerémonos....

¿Cuántos ingenieros son “analistas y diseñadores de escritorio”, que pasan su vida calculando y diseñando reactores, circuitos, modelos financieros o puentes, y cuántos de ellos necesitan mas bien de la totalidad de los atributos que Boeing (nada menos que Boeing) busca en sus ingenieros?

¿Cuántos requieren habilidades gerenciales y empresariales?

¿Hasta qué punto las escuelas de ingeniería atiborran a sus alumnos de cursos “analíticos de ingeniería” (y peor aun, monodisciplinarios) en desmedro de su formación básica, de sus habilidades de síntesis en torno a problemas complejos y de altos niveles de incertidumbre, de entendimiento de la sociedad, de innovación y emprendimiento, y de trabajar en conjunto con superiores, pares y subordinados?

Y además (sin ánimo de ofender a nadie), ¿que puedan leer fluidamente las láminas anteriores que están en inglés?

¿Hasta qué punto se balancea correctamente una formación multidisciplinaria con “fundamentos duros”?

Algunas experiencias personales

- El Departamento de Ingeniería Química de la U. de Wisconsin.
- Mis “prelims”.
- La pregunta de la bicicleta.
- La historia de los dólares.
- ¿Cuántas pelotas de tenis caben en un Volkswagen Beetle?
- El modelamiento del Transantiago.

¿Cuáles podrían ser las consecuencias prácticas de estas disquisiciones?

- En primer lugar, debiera entenderse como intransable que los alumnos sean completamente políglotas, en los siguientes lenguajes:
 - Matemáticas
 - Ciencias (duras, blandas y de la ingeniería)
 - Español (escrito y expresión oral)
 - Inglés
 - TICs
 - Comprensión de la sociedad y el mundo
 - (¿Habilidades gerenciales?)
- Y cuando decimos intransable, decimos *intransable*. El resto, se resuelve sólo.

¿Cuáles podrían ser las consecuencias prácticas de estas disquisiciones?

- En segundo lugar, como el tiempo curricular se hará escaso, cursos como “Hormigón Pretensado”, “Modelos de Tráfico Avanzado”, “Mantenimiento de Maquinaria”, o “Análisis y Diseño de Experimentos Industriales” debieran **desaparecer** del curriculum obligatorio de las ingenierías, y pasar a formar parte de los optativos, los postgrados, **y en particular de los programas de educación continua de las Escuelas de Ingeniería.**
- A estas alturas del siglo XXI, en que no sabemos qué hormigón vamos a tener en 10 años más, o si va a existir el hormigón como lo conocemos hoy, necesitamos ingenieros que cumplan con los requisitos anteriormente mencionados, y las Escuelas de Ingeniería debieran proveer de “lifelong education” de manera **ESTRUCTURAL.**

Además

- Los alumnos, a lo largo de su carrera, debieran poder resolver un problema o diseñar una respuesta a una situación compleja, con importantes grados de incertidumbre, con un tutor, con trabajo en equipo, y googleando.
- Los alumnos debieran poder autodiseñar parte significativa de su malla curricular en torno a soluciones a esos problemas o diseños, aunque esto signifique tomar cursos *fuera de su departamento o fuera de la Escuela de Ingeniería.*
- (Cosa que atenta perfectamente en contra de los intereses corporativos departamentales de nuestras insularizadas universidades 😊)

Una mini reflexión acerca de Internet y Globalización.

- Cuando exista el ancho de banda suficiente (o sea, pronto), ¿van a poder sobrevivir aquellas Escuelas de Ingeniería que no le puedan ofrecer a sus alumnos un porcentaje respetable de sus cursos vía video conferencia con algún prestigiado profesor de alguna prestigiada universidad de algún país industrializado?
- ¿Estamos dimensionando adecuadamente el impacto y las consecuencias de la globalización sobre la educación superior?
- ¿Qué tan preparados están nuestros egresados para interactuar con los negocios globales?
- Si un alumno de Perú recibe un diplomado en ingeniería que fue impartido vía Internet por una universidad americana, y luego le hace trabajos a distancia a un Call Center británico que está ubicado en Santiago, y le retienen sus impuestos en Londres, ¿es ése un ciudadano peruano en el viejo sentido de la palabra?

Y otra sobre innovación y emprendimiento

- ¿Qué entendemos por innovación?
- La definición de texto de los emprendedores dice que son individuos con visión empresarial, que manifiestan una conducta y orientan su comportamiento al desarrollo y surgimiento del espíritu innovador. Están dispuestos a asumir riesgos, generando y aprovechando ideas innovativas, detectando éxitos donde otros ven fracasos o problemas y cuya fortaleza es la innovación con talento, convirtiéndose así en agentes de cambio.
- El emprendedor, el gerente y el chiste de las manzanas.
- Los emprendedores ¿pertenecen únicamente al mundo de los negocios, o también a las ONG y el sector público?
- ¿Son meramente inclinaciones y actitudes? (Como por ejemplo pasión, y tolerancia al riesgo y el fracaso)
- ¿O requieren de un bagaje instrumental? (Como por ejemplo gestión de cartera, evaluación de riesgos, gerencia de proyectos)

- **Gracias por su atención y paciencia**