

La Ingeniería que viene y sus riesgos

Esteban di Tada*

Mucho se ha hablado sobre las ventajas y riesgos que el uso de la tecnología trae aparejado. Algunos de los juicios emitidos están influenciados por un alto contenido ideológico que los aparta de un análisis objetivo.

El diccionario de la Real Academia Española define la ingeniería como el “Estudio y aplicación, por especialistas, de las diversas ramas de la tecnología”. Esta definición, que comparto ampliamente, nos conduce a establecer una estrecha relación entre la tecnología¹ y la ingeniería. Por lo tanto, preguntarse sobre la ingeniería que viene es similar a preguntarse sobre la tecnología que viene.

Posiblemente uno de los primeros fenómenos físicos que el hombre aprovechó fue el del fuego². Cuando por razones naturales se inició la combustión de un material, nuestros ancestros descubrieron que podían usar las consecuencias de ese fenómeno (emisión de calor) para entibiarse en las frías noches de la prehistoria. Pero no dominaban el fenómeno. No podían crearlo en forma voluntaria. De ahí la importancia que se le dio a la custodia del fuego incorporándose a creencias metafísicas. Pero cuando el hombre desarrolló la tecnología para crear fuego de manera volitiva, dominó esta nueva fuerza para su utilización. Creó una nueva tecnología que aplicó a la vida cotidiana. Y fue ése un acto de ingeniería. Así pudo calentarse en los inviernos helados, procesar ciertos alimentos, alejar a las fieras que lo amenazaban. Es posiblemente ésa la causa de la aparición del hombre que hoy conocemos.

Ahora bien, ¿fue siempre bueno el uso que se dio al fuego? Creo que la Inquisición muestra un nefasto ejemplo de lo dicho. Pero también el uso del fuego, que no es más que un proceso físico químico exotérmico en el que parte de la energía potencial contenida en la materia se transforma en radiación calórica, tiene otras consecuencias no deseadas. La producción de, entre otras sustancias, óxido y anhídrido carbónico es una de las causas del efecto invernadero que está generando el calentamiento de la tierra.

La cantidad de descubrimientos científicos fue aumentando dramáticamente. Las tecnologías que se desarrollaban a partir de un nuevo hallazgo de la ciencia coadyuvaron al descubrimiento de nuevos fenómenos. Y este proceso de realimentación ha hecho

* Decano de la Facultad de Ingeniería - UP

1. Según la misma fuente la tecnología es el “Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico”.

2. El hombre descubrió el fuego entre 1.400.000 y 400.000 años atrás pero aprendió a dominarlo sólo hace 12.000 años. Debieron pasar cientos de miles de años entre el descubrimiento del fenómeno y la creación de la tecnología para su uso (velocidad de transferencia extremadamente lenta).

que tanto la ciencia como la tecnología se desarrollen de manera exponencial. Y por tanto las ingenierías, que caminan a la zaga, adquirieron la velocidad de crecimiento de la tecnología.

Es posible que una de las primeras aplicaciones de la tecnología que el hombre concretó, es decir una de las primeras aplicaciones de ingeniería, haya sido la construcción de edificios y monumentos. Las pirámides egipcias son una muestra acabada del grado de desarrollo que las sociedades antiguas habían alcanzado en la tecnología de la construcción. Ello hizo que, en general, se asocie a la ingeniería exclusivamente con la ingeniería civil, cosa que sucede aún en nuestros días. Parece justificado dada la belleza y la cantidad de antiguas construcciones que todavía quedan en pie. Esta disciplina siguió desarrollándose con el tiempo y fue así como la civilización helénica pudo construir obras como el Partenón, y el templo a Poseidón construido en el siglo V antes de la era cristiana en el cabo de Sunio, lugar donde Egeo se suicidó tirándose al mar al ver que su hijo Teseo no había izado las velas blancas en señal de haber vencido al minotauro. Podríamos citar muchísimos ejemplos más de obras magníficas realizadas en la antigüedad. Los romanos, basándose en los principios de la arquitectura de los etruscos y los griegos, perfeccionaron la tecnología pudiendo crear obras como el Coliseo, los famosos acueductos, el Panteón y muchos otros monumentos que se encuentran distribuidos alrededor de todo el mundo. La tecnología quedó algo rezagada, luego de la desaparición del Imperio Romano, hasta que un nuevo empuje tuvo lugar en el año 1000. Se produjo una explosión en la actividad constructora, tanto pública como privada. La edificación de castillos y de iglesias absorbió la mayor parte del excedente de los recursos de la sociedad medieval y, al mismo tiempo, reflejó sus preocupaciones básicas: Dios y la guerra. Las iglesias fueron, por mucho, los más conspicuos de los edificios públicos. Parecería que nadie se preguntó si el fantástico desarrollo de la tecnología constructiva sería positivo o no para la sociedad.

No fueron éstas las únicas manifestaciones del empleo de tecnología. En Babilonia, más de tres mil años antes de la era cristiana, se desarrolló un importante conocimiento de la ingeniería hidráulica. Otro hito en la historia de la ingeniería lo marcó Arquímedes de Siracusa. El tornillo conocido en la actualidad como Tornillo de Arquímedes fue un perfeccionamiento de los empleados en Babilonia para el regadío de los jardines colgantes. Nuevamente ésta es una obra que podemos llamar de Ingeniería Hidráulica. Pero también creó obras que podríamos clasificar dentro de la Ingeniería Naval. La Garra de Arquímedes, asimismo conocida como el Agitador de Barcos, fue una máquina de defensa que por medio de un sistema de palancas podía levantar un barco del agua. Se puede decir que constituye una versión de los *Sincrolift* de los astilleros modernos.

No podemos en este recorrido dejar de mencionar la obra del que fue uno de los más grandes ingenieros de la historia: Leonardo da Vinci. Desgraciadamente, la ciencia y la tecnología disponibles en su época no le permitieron plasmar en realidades sus osadas ideas. Sin embargo fue un precursor de la Ingeniería Aeronáutica y Mecánica.

Pero el gran desarrollo de la tecnología y la consecuente incidencia que tuvo sobre el progreso de la ingeniería ocurrieron durante la segunda mitad del siglo XVIII y los

siglos XIX y XX. Fue entonces cuando el progreso de la tecnología comenzó a interactuar estrechamente con todas las manifestaciones de la vida en el planeta. Ya el fuego no se empleaba solamente para dar calor sino que era empleado para transformar la energía potencial del vapor de agua a altas presiones y así lograr energía mecánica que posibilitara el movimiento de las máquinas.

Anteriormente los medios de producción se basaban en el trabajo manual realizado por el hombre. La fuerza del hombre fue reemplazada en la industria y la manufactura por la potencia que proveían las nuevas máquinas de vapor. De esta manera comenzó la conocida Revolución Industrial, con la mecanización de la Industria textil y el desarrollo de los procesos de producción del hierro. Los desarrollos tecnológicos más importantes fueron, sin lugar a duda, la máquina de vapor y los nuevos telares conocidos como Spinning Jenny.

El conocimiento de la generación de vapor producido por la combustión de materiales como la hulla o carbón de piedra parece ser bastante antiguo, aunque no se sabe a ciencia cierta si se lo empleó en aplicaciones prácticas. Malmesbury, organista de la catedral de Reims manifestó en 1120 que lograba que el órgano emitiera un fuerte sonido por el aire que escapaba de un depósito en el que era comprimido por “agua calentada”³.

En 1601, Giovanni Battista della Porta⁴ describe un aparato para elevar el agua por medio del fuego, similar al descrito por Herón pero empleando vapor de agua para impulsar el líquido y en 1615, Salomón de Caus describe un aparato similar para hacer funcionar una fuente. Pero la primera patente de la que se tiene constancia documental es de Jerónimo de Ayanz y Beaumont quien en 1606 registra una máquina de vapor utilizada con éxito para el desagüe de las minas de plata de Guadalcanal. En todas estas aplicaciones se empleaba la presión del vapor de agua ejercida sobre la superficie de un líquido para elevar una columna de agua.

Sea como fuere la historia de la máquina de vapor, es recién en la segunda mitad del siglo XVIII cuando se logra transformar, en forma práctica, energía calórica en energía mecánica. Y así comienza una larga serie de desarrollos que necesitan de los procesos de combustión para la generación de trabajo mecánico. Estas máquinas eran de combustión externa porque la fuente de energía calórica permanece externa a la máquina (caldera).

La historia se acelera cuando un nuevo invento ubica la fuente de energía dentro de la propia máquina de transformación, creándose de esta manera los motores de combustión interna que conocemos en nuestros días. Todos se basan en la necesidad de producir la combustión de un elemento para aumentar la presión de un gas, la que genera un trabajo mecánico.

Pero, independientemente de la forma de lograrlo, todo el desarrollo se basa en la combustión. Primero la madera, luego la hulla y finalmente los hidrocarburos de nuestra época. No es sino hasta nuestros días cuando comprendemos que la transformación no

3. Ver detalles de la historia del uso del vapor en http://enciclopedia.us.es/index.php/M%C3%A1quina_de_vapor

4. Ver biografía en http://www.1911encyclopedia.org/Giovanni_Battista_Della_Porta

es gratuita. Que como consecuencia de ella se producen gases residuales, entre ellos el óxido de carbono y el anhídrido carbónico, que no son inocuos. Son una de las causas del agravamiento de la pérdida de la capa de ozono y del fenómeno de calentamiento global como consecuencia del efecto invernadero. Y aquí comienzan a contraponerse el uso de la tecnología, es decir la ingeniería, y la vida humana sobre la tierra.

Porque el proceso no es neutro y, como Agamenón, podemos llegar a comprometer la vida de nuestros hijos para lograr la energía que requieren nuestros planes.

En el siglo XX los acontecimientos se precipitan. La necesidad de energía es cada vez más apremiante. El mundo post industrial es un monstruo hambriento de energía. Ya casi no se emplea la leña. Y el carbón de piedra, difícil de almacenar, es reemplazado por combustibles líquidos derivados del petróleo. Las emisiones de anhídrido carbónico son cada vez mayores.

A comienzos del siglo XX un descubrimiento científico revoluciona la humanidad. Albert Einstein con su teoría de la relatividad muestra que energía y materia tienen una misma esencia y que esta última puede transformarse en energía. Desgraciadamente la verificación práctica de la teoría de Einstein se realizó con la pérdida de centenares de miles de vidas humanas en Hiroshima y Nagasaki. Finalmente se logra inventar un proceso que permite controlar el proceso radioactivo y que posibilita el desarrollo de usinas eléctricas basadas en la energía atómica. Surge una nueva incógnita aún no resuelta. Si bien las plantas nucleares generan líquidos y gases radiactivos en pequeñas cantidades, las varillas de combustible agotadas tienen peligrosos materiales radioactivos (entre ellos el plutonio) que demoran siglos en decaer. Qué hacer con ellos no se sabe bien. Y pueden llegar a constituir un nuevo riesgo para la humanidad.

Pero el siglo XX tuvo más sorpresas en nuevas tecnologías que han creado las correspondientes ingenierías. En el año 1953 Maurice Wilkins, James Watson, Francis Crick, y Rosalind Franklin descubren la estructura doble helicoidal del ADN (ácido desoxirribonucleico). Este hecho se considera el acontecimiento científico más importante del siglo XX. Esta molécula contiene la información y las instrucciones, en un lenguaje químico, para crear a todos y cada uno de los seres que han habitado, habitan y habitarán en este planeta. La cantidad de “caracteres” es pequeña. Solamente son cuatro: adenina, timina, guanina y citosina.

Es aquí donde se agudiza la relación entre las ingenierías (o tecnologías aplicadas) y la vida del hombre. No solamente se altera ésta con las emisiones de gases, o con el riesgo que presupone el material de desecho de las centrales atómicas, sino que se conoce cómo y de hecho se puede alterar el mecanismo por el cual se transmite la herencia a nuestros descendientes. Más aún, puede ser posible la creación de clones de individuos. En 1996 investigadores del Instituto Roslin del Reino Unido consiguieron clonar a una oveja utilizando células epiteliales de glándula mamaria de una oveja de 6 años de edad. De 277 ovocitos, solamente uno tuvo éxito, la oveja “Dolly”⁵. Dolly

5. Si se desea obtener más información ingresar al sitio de Nature: <http://www.nature.com/>

murió a los 7 años de edad, sin alcanzar la esperanza de vida media de las ovejas cautivas de la población a la que pertenecía.

Pero el siglo XX nos depara aún más sorpresas. Y pareciera que este siglo actual, el XXI, seguirá en esa misma línea. Nacieron dos nuevas disciplinas: la electrónica y la nanotecnología. Y nuevamente se enfrenta el hombre con los desafíos que el desarrollo tecnológico trae aparejados.

En el año 1965 el cofundador de Intel, Gordon E. Moore, formuló una ley empírica, que en la actualidad es conocida por su nombre. Gordon Moore⁶ afirmó que la tecnología de integración de componentes tenía futuro y que el número de transistores por pulgada en circuitos integrados se duplicaría cada año y que, además, la tendencia continuaría durante las siguientes dos décadas. Posteriormente el mismo Moore redujo la velocidad de crecimiento estableciendo que la capacidad de integración se duplicaría cada 24 meses. La realidad es que dicha ley se cumplió y se sigue cumpliendo. Este aumento de la capacidad de integración no solo creó la posibilidad de tener computadoras mucho más potentes sino que, además, a igual capacidad de proceso, hizo que los precios bajaron dramáticamente.

En la actualidad los procesadores comerciales con mayor integración tienen alrededor de 2000 millones de transistores. Las estimaciones de la cantidad de neuronas en el cerebro humano son del orden de los 100.000 millones⁷. Si consideramos como elemento de comparación la cantidad de transistores de una computadora con la cantidad de neuronas del ser humano nuestro cerebro tendría 50 veces más neuronas que los transistores que tiene un microprocesador moderno⁸. Y si la ley de Moore siguiera en vigencia dentro de 12 años, en el 2020, estaríamos en condiciones de fabricar microprocesadores con tantos transistores como neuronas tiene nuestro cerebro. ¿Quiere esto decir algo? No lo sabemos. Pero si las técnicas de inteligencia computacional siguen progresando nos enfrentaremos posiblemente con una realidad muy diferente a la actual.

La tecnología moderna es capaz de producir mecanismos con dimensiones del orden de unos pocos nanómetros (un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro). Esta nueva disciplina, que ha sido bautizada como nanotecnología⁹, abre nuevas oportunidades, cuyas fronteras se desconocen, en áreas de la Medicina, la Química, la Bioquímica, la Biología Molecular, la Electrónica y la Informática, entre otras.

Por lo tanto, lo que hemos llamado **la ingeniería que viene** nos enfrenta a dos problemas fundamentales.

El primero implica analizar profundamente, desde el punto de vista ético y sin influencias ideológicas en uno u otro sentido, la manera en que la sociedad pueda

6. Ver biografía en <http://www.intel.com/technology/mooreslaw/>

7. Ver más datos sobre las neuronas en: <http://faculty.washington.edu/chudler/facts.html#neuron>

8. En el año 1971 la cantidad de transistores del microprocesador Intel 8008 era de 3500. Resultaba entonces que en dicho año nuestro cerebro tenía 28 millones más de neuronas que transistores tenía dicho microprocesador. Esto da una idea del vertiginoso crecimiento de la tecnología.

9. Se pueden encontrar varias referencias en este sitio: <http://nextwave.universia.net/salidas-profesionales/nano/index.htm>

protegerse de los malos usos de la tecnología. Esto no significa prohibición de profundizar la búsqueda del conocimiento sino realización de amplios debates para poder crear las reglas que regulen el uso de la tecnología de tal forma que se eliminen o al menos se minimicen las consecuencias negativas. Cabe agregar que el hecho de que la vida exista en el planeta implica la producción de grandes volúmenes de anhídrido carbónico como consecuencia de la necesidad de respirar de los seres vivos. Ello incide sobre el calentamiento global. Pero no por esta razón se debería considerar que el respirar es un acto nefasto para la vida en el planeta.

En segundo lugar debemos aceptar que las ingenierías cambian y se multiplican. Ello nos obliga a ir adecuando la visión que se tiene de ellas para adaptarlas a las nuevas tecnologías y a las necesidades de la sociedad. No es posible emplear los mismos criterios que se emplearon en el análisis de la Ingeniería Civil para estudiar los problemas de la Ingeniería Nanogenética que con toda seguridad vendrá y que resultará de la unión de la nanotecnología y de la aplicación de los principios básicos de la genética.

Lidiar con estos aspectos de **la ingeniería que viene** es responsabilidad de las Universidades y, fundamentalmente, de las instituciones del Estado obligadas a legislar al respecto.