

## *La ingeniería... ¿para qué?*<sup>1</sup>

Roberto Echarte

Una de las finalidades propias de las universidades es la transmisión de los conocimientos que, convenientemente escalonados configuran las carreras profesionales. Cuando alguien decide abordar un estudio, tiene fundamentalmente en cuenta la atracción que ejercen sobre él las disciplinas que lo integran. Otra razón concurrente con la anterior es la posibilidad que al lograr determinados grados universitarios, le brinda la organización social donde aspira a integrarse.

Las organizaciones humanas suelen valorar, en determinadas circunstancias y en distintas épocas de su desarrollo histórico, la importancia de las actividades útiles,

Una de las actividades apreciadas en el mundo de hoy es **la ingeniería**. De las muchas definiciones que pueden darse de ella, preferimos la del Diccionario de la Real Academia Española que dice “conjunto de conocimientos y de técnicas que permiten aplicar el saber científico a la utilización de la materia y de las fuentes de energía, mediante intervenciones o construcciones útiles para el hombre”.

Debe entenderse de esta definición el carácter utilitario de esta disciplina, en cuanto busca **resolver problemas** del ser humano en la instancia terrena de su existencia. Para aplicar el saber científico, el protagonista de esta actividad deberá primeramente adquirir los conocimientos que integran dicho saber. Esto indica que el desarrollo del saber científico debería ser previo. De tal manera, los conocimientos de las ciencias que se ocupan de la materia, es decir las físicas y las matemáticas, impulsan y a su vez condicionan los progresos de la ingeniería.

En la definición anterior está implícito que la utilidad para el hombre supone la ausencia de conflicto entre los actores. Sin embargo, debe señalarse, aunque pareciese ocioso o redundante que la ingeniería como tal no está exenta de buen o mal uso que puede hacerse de ella. Los mismos inventos permiten acercar a los hombres, salvar vidas, extender las fronteras del conocimiento, o destruir, mediante su uso diabólico, cuanto de bueno se haya hecho, merced al desarrollo tecnológico.

### **Algunos antecedentes**

Hay pruebas de que en las civilizaciones primitivas existían personas que se ocupaban de resolver problemas concretos que planteaba la naturaleza.

Los grupos humanos cuando abandonaban sus hábitos nómades y fijaban sus asentamientos, necesitaban agua. Instalarse a la vera de un río, además de abastecerse de agua, suponía la protección de posibles inundaciones y eventualmente la necesidad de cruzar dicho río. De similar manera podía ser necesaria la comunicación con otros grupos humanos: sortear elevaciones, establecer rutas y en ellas buscar lugares fijos que permitieran descansar, o protegerse de las inclemencias del tiempo. Según algunos historiadores, alrededor del año 3000 antes de Jesucristo, los reyes de Egipto ya contaban en su entorno con un experto en construcciones al que denominaban **maestro de obras**. Igualmente se asegura entre 1700 y 1500 años antes de Jesucristo se escribió el **papiro rhind**, el primer texto conocido sobre construcciones.

Las primeras realizaciones importantes del ingenio humano estuvieron vinculadas a las guerras. Son ya clásicos los ejemplos de los egipcios construyendo sus muros fronterizos para la protección de sus campamentos, o las ciudades amuralladas de los caldeos como es el caso de Babilonia. Por su parte los asirios se destacaron en las artes del ataque a los cercos. En Grecia se desarrollaron la catapulta y las torres móviles de asalto. Así es que Alejandro Magno contaba con un tren de cercado para atacar a las ciudades.

Los romanos merecen un párrafo especial. Ellos perfeccionaron y desarrollaron las trincheras de aproximación, los cobertizos móviles y las torres de cercos transportables que poseían puentes levadizos. Por otra parte hicieron obras adicionales que les permitieron consolidar su imperio, como las calzadas (algunas de las cuales sobreviven), los puentes y los acueductos, muchos de los cuales todavía están en condiciones de prestar servicio. Con ellos abastecieron de agua a más de 200 poblaciones.

Los responsables de estas construcciones tuvieron distintos nombres. Así Herodoto llamó **Architekton o técnico artesanal** a Eupalino de Megara que fue el constructor del túnel de un kilómetro de longitud de la isla de Samos para transportar agua a la ciudad. Por su parte Tertuliano, hacia el 200, acuñó la expresión **ingenium** para describir su catapulta y la palabra **ingeniator** para designar a los que construían el ingenium.

Durante la **Edad Media** el arte de construir se fue perfeccionando. Todavía no se conocía la mayoría de las leyes fundamentales de la Mecánica y la Estática. Las construcciones tenían una fuerte base experimental. Levantar un castillo amurallado o una catedral gótica requería de la labor de grupos de artesanos. Estos se protegían entre sí mediante las logias y corporaciones. En estas organizaciones se enseñaba y preparaba a los aprendices. El hecho de ser admitido como tal, suponía poseer aptitudes para el oficio y además condiciones morales que asegurasen las normas y reglamentos de la organización para la protección del oficio.

En el Renacimiento las obras son embellecidas por la acción de los artistas que dejan en ella testimonios de su trabajo. Se ha dicho, por ejemplo, que las iglesias del Renacimiento fueron recintos de los artistas, quienes dejaban a los sacerdotes las ceremonias. Simultáneamente comienzan a conocerse las bases de las teorías de las estructuras, gracias a los aportes de Galileo, Palladio y Leonardo Da Vinci.

En la segunda mitad del siglo XVI aparecen los primeros textos sobre distintas disciplinas que forman parte de la ingeniería como la Agrimensura, la Metalurgia, la Minería, los Mecanismos, la Estática y la Hidráulica, en los países de Europa.

También en el Renacimiento, comienza a diferenciarse gradualmente los arquitectos de los ingenieros. Los primeros aparecen más vinculados a la construcción de los edificios urbanos y los segundos a las construcciones militares, las máquinas primitivas y las obras rurales, como se los caminos, los puentes, los canales de navegación y los acueductos. En rigor los conocimientos que recibían en las academias eran muy similares y cada uno elegía los títulos.

Al finalizar el siglo XVI la conquista y colonización del **continente americano** obligan a incorporar a las expediciones a personas que conocieran las disciplinas de la ingeniería.

Los primeros ingenieros que arribaron en el Río de la Plata luego del descubrimiento fueron especialistas en fortificaciones, es decir militares. Ya en 1594, ante el temor de un ataque inglés, se proyectó para Buenos Aires una fortificación, encomendándose en España la tarea a Cristóbal de Rodas, que había trabajado con Juan de Herrera en la construcción del Escorial. Esta iniciativa no se concretó. En 1611 llega a Buenos Aires Bathic de Filcaya, natural de Toscana, que había estudiado en Florencia, designado sobreestante para impulsar las obras del Fuerte, que estaban demoradas. Murió en 1635 sin concluir su cometido. Recién en 1702 el Gobernador Alonso de Valdés e Inclán logró integrar su comitiva con un ingeniero militar, el gallego José Bermúdez de Castro, egresado de la Academia de Flandes. La misión encomendada era completar las obras de Fuerte. Permaneció en estas tierras diecinueve años hasta su muerte. No concluyó las obras, pero logró confeccionar los planos de relevamiento de la ciudad. Posteriormente se encargó de las tareas Domingo Petrarca, ingeniero contratado por el gobernador Zavala. Este joven de 27 años, además de concretar las obras del fuerte, trazó las primeras de Montevideo, construyó en la Boca la guardia del Riachuelo para protegerla de las inundaciones y proyectó las obras de defensa de la ensenada de Barragán.

Muchos nombres podrán mencionarse entre los que dieron impulso inicial a esta actividad en nuestras tierras. Joaquín del Pino se ocupó de las fortificaciones de la Banda Oriental y luego de actuar como Gobernador de

Montevideo, de Charcas y de Chile, fue Virrey del Río de la Plata. Bajo su administración se crearon las cátedras de Medicina, Química y se inició la escuela de Náutica. Además apoyó el desarrollo de industrias locales, la Minería de Salta y Potosí y la construcción de barcos en Paraguay y Corrientes. Pedro Cevíño dirigió la primera escuela, llamada Escuela de Náutica que comenzó a incorporar alumnos en 1799. Allí se enseñaba Aritmética, Álgebra, Trigonometría plana y esférica, Geografía, Geometría e Hidrografía.

Anteriormente habían aparecido en Buenos Aires tres jesuitas, Buenaventura Suarez, José Cardiel y José Quiroga, que además de cartógrafos era uno astrónomo y el último, matemático. Todos ayudaron a las autoridades en las definiciones de límites. Para Quiroga se creó una cátedra especial de Matemáticas en Buenos Aires.

### **Evolución de la formación**

Inicialmente se daban soluciones particulares y experimentales. La preparación de los ingenieros fue evolucionando en el mundo conocido, requiriéndose cada vez mayor rigor. En 1747, en París, se creó "**L'Ecole des Ponts et Chaussés**". Este hecho y la fundación, a instancias de Gaspar Monge, de **L'Ecole Polytechnique**, en 1794, marcaron un hito importante en la formación de los ingenieros. Fue tal el éxito de estas iniciativas que rápidamente se difundieron por Europa. En Rusia, se creó en 1809 la escuela de San Petersburgo, En 1815, el de Karlsruhe y en 1827, el de Munich.

En Inglaterra en 1855, la **Universidad de Glasgow** incorporó la enseñanza de la **ingeniería civil**, encomendando esta tarea a Rankine.

Ya en 1819, en los Estados Unidos, la Universidad de Northfield, en Vermont, había iniciado la carrera de ingeniería.

En nuestras tierras la primera Facultad para la enseñanza de la ingeniería fue organizada por la **Universidad de Buenos Aires**, en 1865. El inspirador de la iniciativa fue el Rector Juan María Gutiérrez, al recrear el Departamento de Ciencias Exactas, que había sido disuelto en el gobierno de Rosas. Se registran antecedentes de esta creación fundacional, en la Escuela de Náutica fundada en 1799, en la Escuela de Matemática creada en 1810 a instancias de Belgrano y en la Academia de Náutica que organizó Álvarez Tomas, en 1813.

La iniciativa del rector Gutiérrez fue un éxito y tuvo la continuidad imprescindible. El primer graduado como ingeniero civil fue Luis Augusto Huergo, cuyo diploma lleva fecha 6 de junio de 1870.

El análisis de los distintos planes de estudios que han regido en las universidades sucesivamente es una forma de ver la demanda del país en evolución. De la navegación y la astronomía se pasó a la Topografía, las construcciones

de vivienda, los transportes, los puertos, las manufacturas, la geología, las técnicas extractivas., etc.

En los ciento veinte años transcurridos desde el primer egreso, el país diversificó sus actividades y las universidades se adaptaron a las necesidades en materia de ingeniería.

Es más, el avance de las ciencias y los requerimientos sociales obligaron a un proceso de actualización permanente,

La difusión de la información sobre diferentes progresos, alimenta nuevas etapas formativas y de extensión. En nuestro país se otorgan hoy más de 140 títulos diferentes de ingenieros, lo cual resulta excesivo para las necesidades racionales del medio.

### **La Influencia del Sistema Económico**

La organización social, al requerir soluciones a los problemas que surgen diariamente, orienta el avance de los conocimientos. El sistema económico posibilita las soluciones concretas.

La revolución industrial alteró profundamente las formas y organización de la producción de bienes. Milenarias costumbres de trabajo fueron dejadas de lado y ello transformó a su vez la organización social.

Si bien es cierto que el trabajo humano, la tierra y los recursos naturales existieron desde el principio, como lo relata el Génesis, con la aparición del capitalismo se transformaron en factores de producción y además, objetos de transacción. En la Edad Media el préstamo a interés era pecado grave. Socialmente el prestamista era un sujeto despreciable. La idea de crédito y de capital circulante no era de fácil comprensión.

Rápidamente, el nuevo sistema económico, posibilitado por la máquina de vapor de Watt, la lanzadera de Kay y el telar de Cartwright, favoreció la acumulación de capital.

La necesidad de sustitución del sistema de producción doméstica por la gran fábrica, y la importancia de los ingenios mecánicos para concretar ese cambio, favorecieron la urbanización de los obreros y la difusión de los sistemas de transporte masivos y baratos. Todo lo anterior propiciaba la competencia y esta obligaba al uso acelerado de los recursos que la Ciencia y la Técnica ofrecían, a la vez que estimulaba nuevos avances en estos campos.

Esta actitud era muy diferente de lo ocurrido hasta entonces, En la Edad Media, cuando se inventó la pechera de caballo de tiro, recién se pudo utilizar la fuerza de este animal en las operaciones de arado de los campos, en sustitución del buey. Se estima que este hecho mejoró el rendimiento de la tarea en aproximadamente el 30 por ciento. Lynn White en "Medieval Technology and Social Change" (Oxford 1962) da cuenta de un caso de uso de la tecnología

para mejorar el rendimiento de un campo en dos; se sembraba la mitad con un grano de invierno, el segundo tercio grano de verano y el otro se dejaba descansar. Al año siguiente la primera zona se dedicaba a la siembra de verano, la segunda descansaba y la tercera recibía grano de invierno. Así sucesivamente. Esta modalidad aumentaba en un tercio la producción del campo.

Los ejemplos anteriores revelan lo lento del avance de los requerimientos técnicos, hasta el advenimiento del capitalismo con su revolución industrial.

Cuando Henry Ford comenzó a producir su auto a un precio que para muchas personas era accesible, generó un mercado hasta ese momento inexistente. La necesidad de satisfacer la demanda, lo obligó a cambiar métodos de producción, reducir costos y recurrir a la tecnología para alcanzar sus objetivos. En 1913 introdujo la famosa **cadena automática de montaje**, lo que le permitió reducir la jornada laboral de nueve a ocho horas diarias, aumentar el salario al doble y reducir el precio de un vehículo de 825 dólares a 260 dólares, cuando alcanzó a fabricar 10 millones de unidades.

En este proceso de satisfacer requerimientos cada vez más exigentes, las propias empresas tuvieron que poner a sus ingenieros en la tarea de elaborar programas de investigación y desarrollo de productos, según las prioridades que ellas tenían. Esto a su vez dio origen a cambios en la valoración de distintos roles en el tejido social.

Un ejemplo de las tareas de los laboratorios de las propias empresas lo constituye el desarrollo del transistor, logrado en 1940, en los laboratorios de Bell Telephone de New York. Este semi conductor posibilitó el rápido desarrollo de los equipos electrónicos al reemplazar a los tubos de vacío en muchos usos.

Es casi un lugar común adjudicar al avance tecnológico las cambiantes situaciones sociales. Lo que ocurre es que todo sistema económico desarrollado por el hombre es tan falible como su protagonista. Detrás del éxito de una organización productiva, aparecen los errores, excesos, hechos impensados, que impulsan sugieren o imponen los límites que la sociedad reclama.

### **La ingeniería y el cambio social**

Como ya se ha dicho, toda la evolución del sistema económico y el desarrollo científico y tecnológico que lo acompaña provoca cambios en la organización social. La teoría capitalista del máximo beneficio para la empresa produce como consecuencia olvidar el resto de los factores de producción que son coadyuvantes del proceso. De esta forma, se pone en evidencia el conflicto de intereses entre los distintos sectores. Aparecen las tentativas de corregir los desequilibrios distributivos por parte de los afectados.

Por otra parte, la organización de la producción cambia las necesidades de personal permanente. De la mano de obra sin calificación, se pasó al personal

calificado, al técnico, al ingeniero de producción. Si bien toda fábrica sigue necesitando de ellos, la proporción de cada estamento en el total ha cambiado y seguirá cambiando. Los niveles de remuneración y su valor relativo son distintos y seguirán modificándose.

La **diversificación de productos** y las necesidades que crea el estilo de vida adaptado a la situación existente en algunos países, estimulado por los medios de comunicación, conlleva a lo que es la actual **sociedad de consumo**.

Nada indica que la evolución se detenga. Al contrario: el proceso productivo y la sensación general de precariedad orientan hacia las modificaciones más rápidas.

La ingeniería posibilitó la movilidad social.

El desarrollo de la **electrónica** no solamente mejoró la velocidad en la transmisión de informaciones a todo el mundo, sino que permitió la aparición de las máquinas y aceleró su uso y difusión. Hoy día la **Cibernética** ha dado origen a todo el mundo nuevo que recién se está recorriendo.

El **robot**, máquina diseñada para trabajar como el hombre, con habilidad y rendimientos importantes, ha dado origen a una disciplina nueva, la Robótica. Los robots trabajan siempre al mismo ritmo, no tienen cansancio, no necesitan iluminación, todos los días de la semana son iguales, el horario nocturno es igual al diurno y no organizan sindicatos. Como contrapartida del escaso desgaste mecánico que pueden sufrir, necesitan energía que los movilice, y, por otra parte, es lo único que consumen. Son **insensibles a las propagandas** y sus necesidades no tienen la **elasticidad de las humanas**. Esto merece el estudio de los sociólogos, dado el conflicto que supone el proceso actual. Como elemento llamativo, se señalan las predicciones de desindustrialización del tercer mundo y una alta tasa de desocupación en forma permanente en los países periféricos, que los estudiosos anuncian como consecuencia del actual proceso.

### ¿Para qué la Ingeniería?

Las tendencias actuales en relación a las formas de crecimiento económico coinciden en calificar el actual estado como el mundo post-industrial. Esta denominación algo caprichosa, como todas, apunta a destacar la importancia que la nueva tecnología ha adquirido en los últimos veinte años.

Todo desarrollo industrial es posible mediante el soporte que le provee una tecnología. Las tecnologías creadas al final del siglo pasado, permitieron la evolución de la sociedad industrial. Esta se basó en el acero, las máquinas eléctricas, las mecánicas y los productos químicos combinados con las cadenas de montaje. Por eso se lo denominó el siglo de la **industria pesada**. Para que todo ello fuera posible, fue necesario que tanto la mano de obra como las materias primas y en especial la energía fuesen baratas, todo lo cual es muy poco probable para el futuro.

Nussbaum ha escrito que para que cualquier tecnología tenga éxito en esta época debe poseer cuanto menos tres características, a saber:

1. Debe usar poca energía y además producir cosas que empleen menos energía.
2. Debe producir impacto inmediato y duradero en la vida de la gente, tanto donde trabaje como donde viva.
3. Debe aumentar la productividad existente utilizando menos mano de obra y menos materias primas.

Según lo anterior, ¿cuáles serán las disciplinas en las que las corporaciones volcarán su esfuerzo? Por el momento son tres: Comunicaciones, Robótica y Bioingeniería.

Por muy apasionante que sea hacer predicciones sobre el futuro, adivinar por dónde se orientará la evolución tecnológica, parece más sensato echar una mirada a nuestra realidad. Caeremos en la cuenta de cuán distanciados estamos de tener que tomar decisiones tan aleatorias. Nuestros problemas son diferentes por el momento. Lo que resulta claro es que el país necesita de los ingenieros y la ingeniería. Un territorio subocupado, una distribución irracional de su población, un mal uso de sus recursos naturales, una falta de aptitud para comprender la realidad, a favor de distintas utopías, no pueden conducir más que a un despilfarro de ilusiones.

La ingeniería **puede ayudar** a salir del marasmo con racionalidad. Para ello necesitamos ingenieros bien formados, con buena preparación científica, abundantes conocimientos tecnológicos, con aptitud para utilizar su ingenio y una alta dosis de sensatez. Esta **tarea formativa** es propia de la Universidad. Para ella, lograr lo anterior constituye un desafío y como tal hay que asumirlo.

Sin embargo, no es posible esperar que el simple dominio de disciplina científico-técnicas y la imaginación usada con prudencia alcancen. Obviamente la formación ética del ser humano, la aceptación de su **responsabilidad social** y su vocación por el **humilde esfuerzo cotidiano** harán el resto.