

**INCORPORACIÓN DEL ING. RICARDO JOSÉ ALTUBE  
COMO ACADEMICO DE NÚMERO**

**18 de septiembre de 2008**

I. Palabras de apertura a cargo del señor Presidente de la Academia Nacional de Ingeniería, Ing. Arturo J. Bignoli.

II. Palabras de presentación a cargo del señor Académico de Número, Ing. Luis U. Jáuregui.

III. Conferencia del Ing. Ricardo José Altube sobre el tema: "La organización de Ingeniería: su dinámica, su génesis y su futuro".



**INCORPORACIÓN DEL ING. RICARDO J. ALTUBE  
COMO ACADÉMICO DE NÚMERO**

**18 de septiembre de 2008**

**Palabras de apertura a cargo del señor Presidente de la Academia  
Nacional de Ingeniería, Ing. Arturo J. Bignoli**

Buenas tardes, Señoras y Señores.

Esta tarde, la Academia Nacional de Ingeniería, va a incorporar formalmente al Ingeniero Químico Ricardo Altube, quien será presentado por el señor Académico Ing. Luis Jáuregui, que va a demostrar, de acuerdo con las exigencias del Estatuto, que el Plenario no se ha equivocado al elegir al Ing. Altube.

Solamente quiero destacar que, además de todas las virtudes que uno pretende de un Miembro de la Academia, el Estatuto exige que tenga público reconocimiento de honorabilidad, cuestión sobre la que no existe ninguna duda en el caso del Ing. Altube.

Sobre sus méritos profesionales va a hablar el Ing. Jáuregui, quien como ya dije, se va a hacer cargo de la presentación.

Pero antes, le voy a entregar el diploma y la medalla que lo acreditan como Miembro de esta Academia, junto con la Biografía del Primer Ingeniero recibido en la Argentina, el Ing. Luis Augusto Huergo.



**Palabras de presentación del Ing. Ricardo José Altube a cargo del señor Académico de Número de la Academia Nacional de Ingeniería, Ing. Luis U. Jáuregui**

Señor Presidente de la Academia Nacional de Ingeniería,  
Señores Académicos,  
Señoras y Señores.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a la Academia por haberme designado para esta gratísima tarea de presentar al Ing. Ricardo José Altube. Esta audiencia pública convocada por la Academia tiene por finalidad la de cumplir con la incorporación del Ingeniero Altube como Académico de Número de nuestra Corporación.

La Academia prevé muy acertadamente que en estas ocasiones se realice la presentación del nuevo Académico exponiendo sus antecedentes para que todos conozcan las cualidades y las realizaciones por las que ha sido merecedor de pertenecer a esta Institución.

El Estatuto de ANI enumera en su Anexo 5 como condiciones requeridas, el haberse destacado en grado de excelencia en alguna o algunas de las siguientes formas de ejercer la profesión de ingeniero: investigando, enseñando, creando y operando sistemas, es decir, conjuntos de partes bien elegidas, de modo que al interactuar logren cumplir la función pretendida.

Además de lo anterior, el Miembro Académico de ANI debe merecer concepto público de intachable honorabilidad.

Mis palabras, que serán breves para dar lugar a que escuchemos su disertación, intentarán responder a las exigencias de la Academia y expresarles a todos los aquí presentes qué distinguido profesional es Ricardo Altube y cómo lo valoramos sus pares; así como también intentaré destacar sus mayores logros profesionales.

Deseo manifestar que me vinculan al Ing. Altube un conjunto de queridos amigos comunes con quienes compartimos el presente y otros que nos acompañan en el recuerdo.

El Ing. Ricardo Altube es Ingeniero Químico, recibido en la Universidad de Buenos Aires en el año 1962. Realizó estudios de posgrado en los Estados Unidos, en la Universidad de California, Los Ángeles, y el Instituto de Tecnología de Illinois, habiendo acreditado su competencia profesional para ejercer como Professional Engineer en el Estado de Illinois en el año 1971.

Inició su carrera profesional trabajando en la Empresa Shell CAPSA —Destilería Dock Sur— con el cargo de Tecnólogo de Refinería, con responsabilidad en la prestación de servicios de Ingeniería de Procesos a los sectores operativos de la Refinería.

A partir del año 1967, el Ing. Altube se radica en los Estados Unidos, vinculándose a importantes empresas consultoras de ese país como Ingeniero de Procesos para Plantas de Refinación de Petróleo y Petroquímica. En esta etapa de su actividad profesional, participó en el diseño de equipos, instrumentación y otros elementos de Ingeniería Básica para Plantas de Craqueo Catalítico, Destilación de Crudo, Gas Natural Licuado y Sintético, Coqueo, Polietileno de Baja Densidad y Tratamiento de Destilados y Efluentes.

De regreso al país en el año 1973 y por un corto período (año 1975), el Ing. Altube se vincula a la empresa Techint con el cargo de Jefe de Procesos e Ingeniero de Proyecto, con la responsabilidad de supervisar a ingenieros a cargo del diseño de procesos en el área de proyectos industriales de la empresa.

Identifica el Ing. Altube, entre los proyectos en que participó, su responsabilidad por el Diseño de Proceso e Ingeniería Básica de una unidad de Fraccionamiento de Hidrocarburos para la producción de hexano para Petrobras, en su Refinería de Paulina, Brasil. Esta unidad es de las de mayor capacidad en su tipo (3.000 m/día).

Y aquí llegamos a un momento muy importante en la vida y desarrollo profesional del Ing. Altube.

De conversaciones mantenidas con él y del conocimiento transmitido por los profesionales que lo conocieron y compartieron trabajos e inquietudes profesionales, surge con claridad que el conocimiento y la experiencia alcanzada por el Ing. Altube necesitaban de una actividad o marco de referencia más amplio en el que pudiese volcar con mayor proyección su capacidad de ingeniero profesional para desarrollar sistemas, innovar procesos, diseñar y construir equipamientos, crear una organización reconocida por el valor de sus realizaciones, los valores éticos aplicados y un recurso humano altamente capacitado, motivado e identificado con la empresa.

Todo ello es lo que concreta el Ing. Altube a partir de 1975 hasta el presente con TECNA Estudios y Proyectos de Ingeniería S.A., de la que es Socio Fundador y Presidente.

TECNA desarrolló tecnología propia en el campo del acondicionamiento del gas natural, aprovechamiento del gas venteado, recuperación de gases licuados y desulfuración de gases agrios. Entre los principales clientes de TECNA en nuestro país, pueden citarse las empresas YPF, Bidas, Astra, Pluspetrol, DAPSA, entre otras.

La participación de TECNA en algunos proyectos de Planta de Tratamiento/Recuperación de Gases cubrió desde la etapa del diseño conceptual hasta la puesta en marcha, entregándose llave en mano.

TECNA no sólo creció en el mercado local, sino que expandió sus actividades a países de la Región, como Bolivia, Perú, Ecuador y, más recientemente, Venezuela, Brasil y México, y desarrollando empresas constituidas de acuerdo con la legislación de esos países. TECNA tiene también en los EE.UU. una firma técnico-comercial en Houston, Texas, y recientemente abrió oficinas en Madrid para atender proyectos de gas y petróleo en África y países árabes.

Hoy, TECNA integra, en el conjunto de sus operaciones nacionales e internacionales, unos 750 colaboradores.

A los pocos años de la operación de TECNA, el Ing. Altube (1983) desarrolló FLARGENT S.A. Equipos Especiales para la Industria, la que opera hasta el presente. Ocupa en esta Empresa el cargo de Socio Fundador y Vicepresidente.

A partir de 1993 y hasta el presente, el Ing. Altube ocupa el cargo de Director de la Empresa Gas Medianito S.A., especializada en sistemas de captación, compresión y acondicionamiento de gas.

El Ing. Altube abordó también la docencia universitaria, la que ejerció hasta el año 1984 como Profesor Titular de la Cátedra "Proyectos de Plantas Químicas" de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad de Buenos Aires.

El Ing. Altube publicó trabajos, concurrió a Congresos y Jornadas donde expuso sus logros profesionales a los colegas.

Está vinculado como miembro activo a importantes asociaciones profesionales, tanto de nuestro país (AAIQ, IAPG, IFA), como de Estados Unidos (American Institute of Chemical Engineering).

Señoras y Señores: Con esta breve descripción de los antecedentes del Ing. Altube, no me cabe duda de que su incorporación al seno de la Academia Nacional de Ingeniería fortalecerá a nuestra Institución y redundará en beneficio de su prestigio y de los servicios que presta a la sociedad.

Muchas gracias.



# **LA ORGANIZACIÓN DE INGENIERÍA: SU DINÁMICA, SU GÉNESIS, SU FUTURO**

Ing. RICARDO ALTUBE  
Académico de Número

## **Introducción**

Actualmente, y como viene ocurriendo desde hace siglos, la Ingeniería es una actividad fundamental para el desarrollo del hombre.

Fuente de conocimientos y de bienes materiales y espirituales, contribuye permanentemente a mejorar la calidad de vida de las personas y las comunidades.

Fuente de energía y trabajo, la Ingeniería es un campo dinámico en el que cada día se pone a prueba la capacidad del ser humano de cambiar las condiciones de su propio ser y de su propia existencia.

Mi labor profesional especializada se ha centrado en la configuración de TECNA, una organización dedicada a la Ingeniería.

En este trabajo pretendo, en primer término, ahondar en la base histórica, filosófica y sociológica de la Ingeniería como experiencia industrial.

En segunda instancia, comunicar mi experiencia personal en el terreno, a través del caso TECNA.

Y por último, brindar una visión abarcativa acerca de la naturaleza de las organizaciones de Ingeniería y su futuro.

## **Historia**

### *La Ingeniería*

TECNA es una empresa de Ingeniería entre otras en el mundo, y tiene sus raíces, al igual que ellas, en un complicado proceso histórico y sociológico.

Aludiré brevemente a ese proceso, con el fin de dilucidar la naturaleza particular de la empresa de Ingeniería moderna.

En primer lugar, haré una breve reseña de los primeros tiempos de la Ingeniería, en los que ésta fue precursora de la Ciencia.

En segundo término, analizaré el aporte de la Ciencia a la Ingeniería en los albores de la modernidad.

Por último, resumiré las raíces filosóficas de la revolución industrial, punto de partida del enfoque empresarial de la Ingeniería.

Para clarificar los términos, intentemos definir la Ingeniería:

La Real Academia la define de la siguiente manera: “Ingeniería es el estudio y aplicación, por especialistas, de las diversas ramas de la tecnología”.

A su vez, define a la tecnología como “el conjunto de teorías y técnicas que permiten aprovechar prácticamente el conocimiento científico”.

Esta definición de algún modo implica que, para que exista la Ingeniería, debe existir conocimiento científico previo. Sin embargo, la Ingeniería existió desde el comienzo de la humanidad. Por eso prefiero adoptar la definición que da Kirby en su libro *Engineering in History*, en el que define a la Ingeniería como: “el arte de la aplicación práctica de conocimientos empíricos o científicos al diseño, producción o logro de toda clase de proyectos constructivos, máquinas y materiales que tengan valor o utilidad para el ser humano”.

Efectivamente, la Ingeniería puede basarse en conocimientos empíricos, y en ese sentido es independiente de la Ciencia. Lo esencial es que la Ingeniería es la aplicación práctica de conocimientos, con independencia de su fuente. Ciertamente es que hoy muchas de las herramientas de que dispone provienen de la Ciencia, pero durante su permanente avance la Ingeniería nunca se detuvo a esperarla. De ahí que, como veremos a continuación, en toda una época de la historia la Ingeniería actuó sin el auxilio de la Ciencia.

### *La Ingeniería es anterior a la Ciencia*

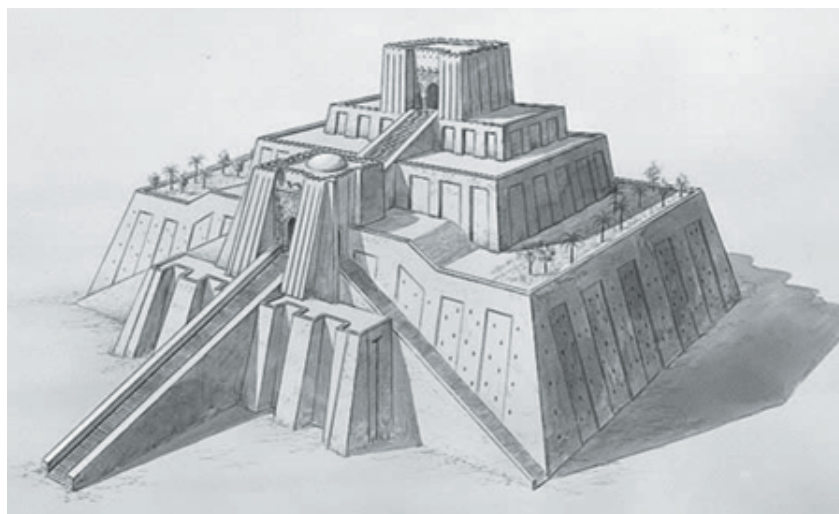
Desde mucho tiempo antes de que los griegos inventaran la Ciencia, el hombre aplicaba conocimientos a la construcción de cosas útiles. Y si aceptáramos llamar a esa aplicación de conocimientos “Ingeniería”, estaríamos probando que ésta ha sido, desde siempre, protagonista del largo itinerario del progreso humano, no sólo material sino también intelectual, estético y social.

La Ingeniería ha acompañado al hombre desde sus primeros pasos: en su pasaje de la condición de cazador y recolector a la de productor de alimentos; en la invención de la rueda, la vela, el arado y el ladrillo; en el descubrimiento de la recuperación de metales a partir de los minerales, en la protección de la

tierra frente al desborde de los ríos, en la construcción de canales y diques para regar los cultivos.

Siglos antes de Pascal y Newton, la Ingeniería había edificado los zigurat babilónicos; las pirámides y los templos monumentales de Egipto; el gran Palacio de Minos, en Creta; las construcciones ciclópeas de Micenas; el faro de Alejandría; el Partenón; la columna de Trajano; el Coliseo; la iglesia de Santa Sofía en Constantinopla.

La Ingeniería no se detuvo en la Edad Media. Mucho se ha hablado sobre el retroceso que las invasiones bárbaras habrían causado en la civilización grecorromana. Sin embargo, la Ingeniería no se detuvo. Fue durante el medioevo cuando la Ingeniería inventó máquinas en las que el agua, el viento o los animales reemplazaron al hombre como fuente de energía.



**Figura 1: Zigurat**

El cristianismo propagó entonces la valorización de la persona humana más allá de su condición social y abrió de este modo el campo a la sustitución del trabajo humano por la energía mecánica.

Fue en la Edad Media cuando se construyeron barcos cuyas velas les permitían avanzar contra el viento para que pudieran navegar más lejos, con más

carga y menos remeros. Y fue también durante esta etapa cuando se pusieron arneses al caballo y al buey para que su tiro fuera más efectivo.

La Ingeniería medieval innovó en la construcción de caminos y puentes de ladrillo o de piedra sobre los ríos de Europa, con variedad de arcos y columnas.

Todas estas obras, antiguas y medievales, fueron concebidas y dirigidas por ingenieros que trabajaban sin herramientas de cálculo. Hombres que, ya en ese entonces, eran socialmente apreciados y bien remunerados, que trabajaban de un modo empírico, artesanal, educados en comunidades de aprendizaje práctico, utilizando medios elementales de planificación y transmisión de datos tales como maquetas, plantillas, planos realizados sobre madera, plomo o pergamino.



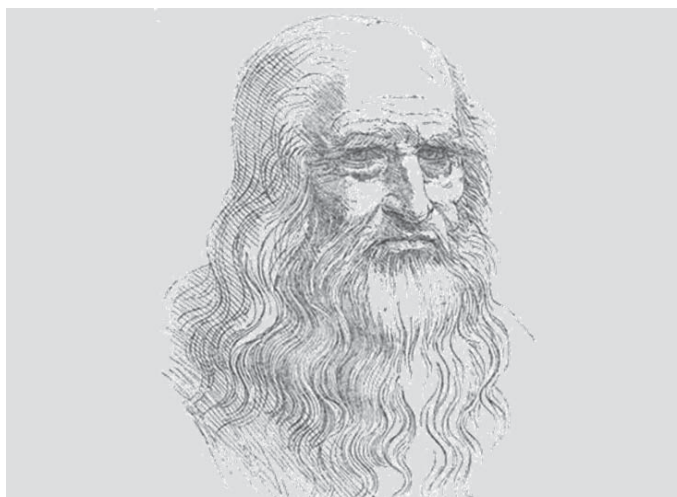
**Figura 2: Barco a vela latina**



**Figura 3: Puente de Avignon**

En el período del Renacimiento, es preciso mencionar especialmente a Leonardo, ese profeta de la Ingeniería nacido en Vinci, cerca de Florencia, en el año 1452. Fue un genial dibujante y pintor, pero también cartógrafo y estratega. Su imaginación sin fronteras propuso soluciones en el papel para prácticamente cada uno de los problemas técnicos de la vida civil y militar de aquel entonces.

Poco de lo que imaginó llegó a construirse, porque sus ideas fueron muy de avanzada. A pesar de ello, tan grande y tan bien documentado fue su legado que bien merece su fama universal de haber sido el primer ingeniero de la historia.



**Figura 4: Leonardo Da Vinci**

*Aportes de la Ciencia a la Ingeniería en los albores de la modernidad*

Si bien la Ciencia, como modelo general de conocimiento, tiene su génesis, mucho antes de la modernidad, hubieron de pasar varios siglos antes de que la Ingeniería se apoyara en ella. Repasemos brevemente el camino de la Ciencia desde su origen hasta nuestros días.

Parte del siglo VI antes de Cristo, y su paternidad corresponde a los filósofos. Éstos, basados en la intuición de la regularidad y el orden del cosmos, comenzaron a pensar teorías generales acerca de los fenómenos naturales y a relacionarlas con las matemáticas y la geometría abstracta.

Tales de Mileto fue el que formuló la pregunta: *¿de qué están hechas todas las cosas?* Por ello podría ser considerado el primer investigador científico.

Euclides advirtió las relaciones y propiedades abstractas de líneas, ángulos y formas, independientemente de los objetos que las poseen.

Pitágoras inauguró la matemática como discurso deductivo-demostrativo.

Aristóteles estableció principios generales en su Física, que dominaron el pensamiento científico durante siglos y siglos, hasta la época de Galileo. Sólo hoy, a la luz de las teorías modernas, sus ideas sobre la naturaleza de las cosas, el movimiento, el tiempo, el vacío, el universo, pueden considerarse superadas.

Demócrito fue, en cambio, un filósofo con ideas avanzadas, notablemente más próximas a las de la Ciencia moderna que las de cualquier otro en la An-

tigüedad. Argumentaba que todo se compone de átomos y que entre átomos reina el vacío.

Arquímedes pasó a la historia por sus principios sobre la gravedad específica y la presión que ejercen los líquidos, por su famosa palanca, por la polea compuesta y el tornillo. Cabría señalar que, además de ser un gran pensador, fue un patriota, que murió defendiendo a su ciudad, Siracusa, sitiada por tierra y por mar por las legiones romanas.



**Fig. 5: Arquímedes**

El Islam heredó el gusto por la Ciencia de los griegos. Los árabes tradujeron tratados griegos sobre Ciencia 500 años antes que los cristianos y a partir de ellos hicieron sus propias contribuciones.

Estas diferentes tradiciones se mantuvieron separadas por mucho tiempo, hasta que finalmente convergieron hacia los siglos XII y XIII, cuando los eruditos del cristianismo occidental comenzaron a rescatar el conocimiento científico de los griegos, traduciendo libros del árabe al latín en los monasterios y en las primeras universidades de Occidente: Bolonia, París, Salamanca, Oxford y Cambridge.

Después de la invasión bárbara a Occidente, hay un largo silencio de la Ciencia. Muchos de los tratados griegos sobre Ciencia se destruyeron o, en el mejor de los casos, se guardan en Constantinopla. Pero allí llega también la destrucción en el siglo XII.

El surgimiento de la Ciencia moderna ocurrió unos cien años después del descubrimiento de América.

En las postrimerías del siglo XVI, un holandés, Simon Stevin, formuló las primeras leyes de la estática: el triángulo o paralelogramo de fuerzas en equilibrio. El mismo Stevin, antes que Galileo y Newton, realizó experimentos para estudiar la caída libre de los cuerpos.

Tiempo después, Galileo investigó las leyes que gobiernan la caída de los cuerpos y concluyó que, cualquiera sea su peso, éstos se aceleran uniformemente, y que la velocidad que alcanzan cayendo es proporcional al cuadrado de tiempo transcurrido. Un colaborador de Galileo, Evangelista Torricelli, definió los conceptos de altura hidrostática y altura dinámica de los fluidos.

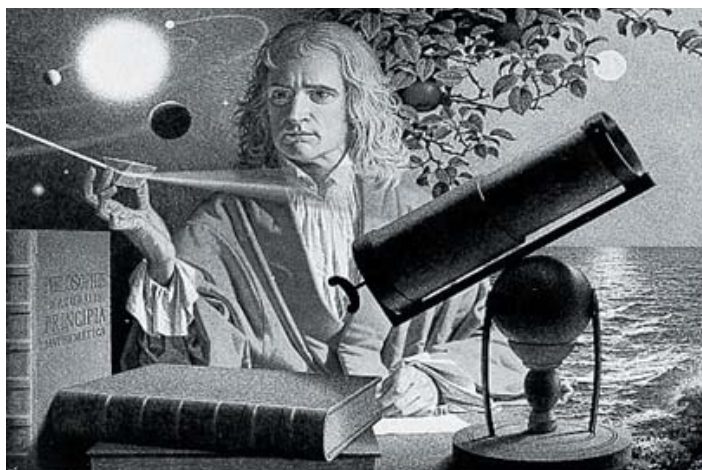
Pascal inventó el barómetro para medir la presión de la atmósfera y, al hacerlo, derribó el falso concepto formulado por Aristóteles sobre la imposibilidad de la existencia del vacío absoluto en la naturaleza.

René Descartes creó la geometría analítica, una disciplina que permite vincular el álgebra con la geometría por medio de ecuaciones, facilitando el análisis de la relación entre variables físicas.

Robert Boyle y Edmé Mariotte, separadamente, estudiaron el comportamiento del aire bajo presión y formularon las leyes de los gases.

Robert Hooke, experimentando con espirales metálicas de relojes, estableció la ley de elasticidad de los materiales.

Pero quizás el mayor aporte científico del siglo fue el que realizó un modesto campesino inglés, Isaac Newton, con sus tres leyes básicas del movimiento.



**Figura 6: Isaac Newton**

Fue en el siglo XVII cuando se realizaron progresos en los métodos de cálculo que habían permanecido casi sin cambios desde los tiempos de los egipcios, salvo la invención del cero por hindúes y árabes.

Stevin escribió un tratado sobre fracciones decimales.

Napier inventó los logaritmos, que permitieron transformar en sumas y restas las divisiones y multiplicaciones.

Leibniz y Newton crearon el cálculo diferencial.

Aun cuando ya en el siglo I un ingeniero griego, Herón de Alejandría, había descubierto que podía hacer girar una turbina con vapor de agua, recién a fines del siglo XVII, y principios del siglo XVIII, en los albores de la revolución industrial, llega la era de la máquina a vapor y la energía térmica. Y se inventan máquinas que podrán utilizar vapor para distintos fines.

Las experiencias de Torricelli y Von Guericke demostraron que la atmósfera puede entregar energía si se aplica vacío en un sistema.

Papine e inmediatamente Savery inventan máquinas que utilizan la fuerza de la atmósfera sobre la cara de un pistón al que se le aplica vacío en la cara opuesta. Estas máquinas rudimentarias son mejoradas por Newcomen y el escocés Watt.

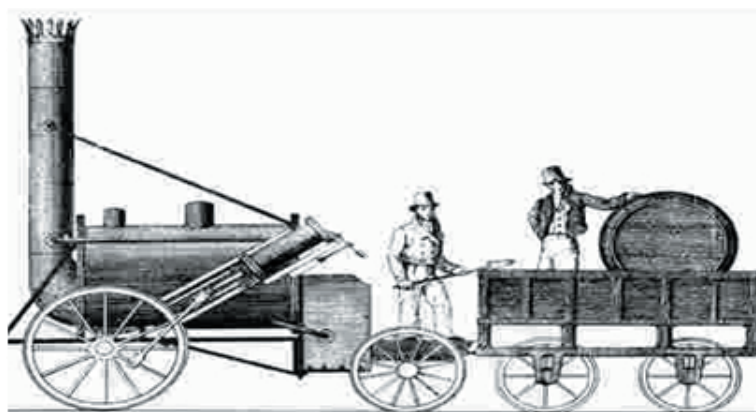
Surgió entonces otra forma distinta de energía que la provista por la corriente de los ríos, los esclavos o los animales para impulsar los molinos, las bombas de extracción de agua de las minas, las máquinas para cortar piedra, madera y metales.

Se desarrollaron técnicas para utilizar el carbón como sustituto de la madera de los bosques, cada vez más escasa, en la combustión y en los procesos de metalurgia.

Aparecieron nuevas técnicas de producción de piezas de fundición de hierro de diversas formas y grandes dimensiones, como las que se requerían en las máquinas a vapor.

Durante el siglo XVIII se desarrollaron máquinas a vapor cada vez más eficientes y mecanismos que posibilitaron transformar el movimiento alternativo de sus pistones en un movimiento rotativo.

Pronto se encontró todo tipo de aplicaciones de esas máquinas, desde la provisión de agua a las ciudades a la asistencia a fábricas de todo tipo, a los primeros vehículos de transporte público y a los barcos de la principal potencia marítima mundial, que era la Inglaterra de aquel siglo.



**Figura 7: Máquina a vapor**

En el comienzo del siglo XIX, el físico francés Sadi Carnot formula los principios de la termodinámica.

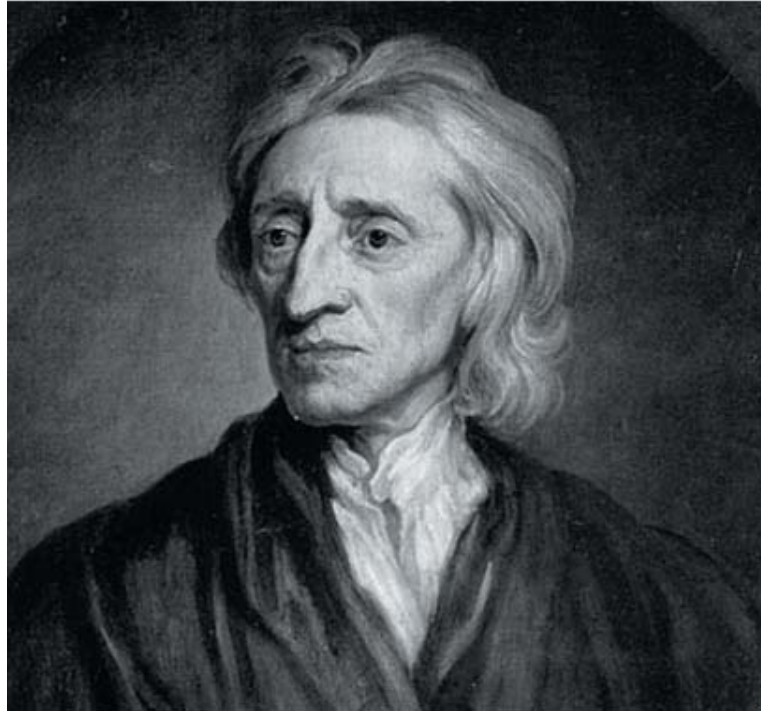
Ya se ha producido la revolución industrial, génesis de la Ingeniería como empresa. Y la Ciencia llega a un grado de madurez suficiente como para estar en condiciones de aportar herramientas útiles a la Ingeniería. Ciencia e Ingeniería, trabajando mancomunada y vigorosamente, alcanzan logros extraordinarios en este siglo, el siglo del acero, la electricidad, y la industria química.

La aplicación de conocimientos científicos por parte de la Ingeniería se caracteriza por la utilización del ingenio de una manera pragmática y ágil.

En efecto, la actividad de la Ingeniería no tiene el reposo que el científico puro da a su trabajo. Una obra de Ingeniería está desde el comienzo presionada por la escasez de tiempo y de recursos, y por la urgencia de los plazos temporales. El ingeniero, pues, combina el rigor científico con la constante elección crítica de los pasos que lo lleven a la conclusión del proyecto en marcha.

#### *Raíces filosófica de la revolución industrial*

A fines del siglo XVIII, mientras los pueblos de Europa se rebelaban contra las monarquías absolutistas y los americanos comenzaban a luchar por su independencia, Gran Bretaña había encontrado ya hacía tiempo su estabilidad política mediante una revolución moderada y contemporizadora. Acunaba el nacimiento del liberalismo, inspirado en el pensamiento de hombres como John Locke (1632-1704), su principal filósofo.



**Figura 8: John Locke**

Locke realizó la primera exposición comprensiva de la teoría liberal, en la que recogió sistemáticamente la opinión dominante. Escribió una serie de obras, entre las que se destacan especialmente *Educación*, *Ensayo sobre el gobierno civil* y *Ensayo sobre el entendimiento humano*, considerado su trabajo más importante.

Locke logró completar su filosofía teórica justamente en el momento en que llegaron al gobierno hombres que compartían sus ideas políticas. Su influencia se extendería no sólo por Gran Bretaña, sino que sería decisiva en Francia, especialmente a través de Voltaire.

Analicemos los principios enunciados por Locke, y veremos en ellos las raíces profundas de cualquier organización de Ingeniería.

El primero que podemos enunciar es su oposición a cualquier fanatismo religioso e ideológico y a cualquier forma de intolerancia. Partiendo de la pre-

misa de que debemos actuar teniendo en cuenta que nuestras proposiciones en general distan mucho de la certeza, es inevitable que diferentes hombres tengan distintas opiniones, sin pruebas ciertas e indudables de verdad. Locke afirmaba que sería justo y conveniente a los hombres mantenerse en paz y amistad.

Recomendaba apiadarnos de nuestra propia ignorancia y tratar de eliminarla mediante buenos procedimientos y por medio de la información a nuestro alcance.

Este clima de tolerancia y aceptación anticipada de la propia falibilidad está en la base de la actitud de cualquiera que emprenda un camino de solución para un problema material concreto, vinculado con la Ciencia y la tecnología.

Locke consideraba que todo nuestro conocimiento deriva de la experiencia. Para él, el conocimiento surgía fundamentalmente de dos fuentes: la sensación y la percepción. Y que no es estático, sino que tiene aspectos que se mantienen constantes, pero otros se van modificando. Esto llevaría a la idea de que el conocimiento siempre puede renovarse, ampliarse e incluso modificarse, idea básica del quehacer científico y tecnológico, y, por ende, del quehacer industrial.

Este alto grado de apertura, esta concepción del conocimiento como algo que no se estanca, como algo dinámico que constantemente se modifica y crece, lo llevó a tener un alto grado de tolerancia. Esto último era algo raro en los tiempos en que le tocó vivir, en medio de la intolerancia, especialmente religiosa.

Esta apertura fue clave para el desarrollo de Gran Bretaña, cuna de la Revolución Industrial, ya que la sociedad británica estaba integrada por un gran número de variantes del cristianismo, surgidas a partir de la aparición del protestantismo.

La apertura y la tolerancia inspiradas por Locke permitirían a la sociedad convivir en paz, condición fundamental para el desarrollo de los pueblos, para la estabilidad de los sistemas políticos, económicos y sociales, y para el emprendimiento de cualquier desarrollo tecnológico e industrial.

En segundo lugar, Locke cuestionó el derecho hereditario al poder, y abogó por el derecho del pueblo a elegir su forma de gobierno. Concebía la relación entre pueblo y gobierno como un contrato, y postulaba la división de poderes propia de las democracias modernas.

Estos principios constituyen la base política sobre la cual los propietarios asumen el riesgo de los emprendimientos económicos, entre los que figuran en primerísimo lugar los emprendimientos industriales.

En tercer término, Locke sostuvo el predominio de la educación por sobre las cualidades congénitas de los seres humanos.

Surgen así sus consideraciones sobre la educación, derivadas del rechazo a las ideas sobre el derecho de ascenso al gobierno por medio de la herencia o por

cuestiones de sangre. Si el conocimiento surge de la sensación, la percepción y la experiencia, entonces no puede ser atribuido a cuestiones congénitas sino a la educación que la persona recibe.

En consecuencia, se abre camino una actitud de apertura: el conocimiento no será cerrado sino abierto a desarrollos, contradicciones, errores, reformulaciones. Esta actitud libera la sed de saber, fundamental a la hora de planificar emprendimientos como los industriales, en los que el éxito se basa en la correcta aplicación del desarrollo cognoscitivo y en el progreso a partir de sus errores.

Un cuarto principio fundamental enunciado por Locke es el respeto al derecho de propiedad. Todo hombre tiene el derecho a poseer los bienes que surgen de su trabajo. Por otra parte, afirmaba que el valor de un bien debía ser proporcional al trabajo empleado en su producción.

Escribe en su *Ensayo sobre el gobierno civil*: “El poder supremo no puede arrebatar ninguna parte de sus propiedades a un hombre sin el consentimiento de éste. Por consiguiente, si los hombres, una vez dentro de la sociedad, pueden tener propiedades, poseerán un derecho a esos bienes, que por ley de la comunidad son suyos, que hará que nadie lo tenga a arrebatarlos, en su totalidad o en parte sin su propio consentimiento. Por esa razón, ni el rey ni el senado, aunque quizás dispongan del poder de hacer leyes encaminadas a la reglamentación de la propiedad de los súbditos entre sí, no pueden tener jamás autoridad para apoderarse ellos mismos”.

De esta forma, la autoridad, que, como hemos visto, ya no se basaba en la herencia, debía ahora respetar la propiedad de los bienes de sus súbditos. Este precepto trajo aparejada una consecuencia fundamental para el desarrollo del sistema económico británico: las autoridades respetaron la propiedad y fue generándose, así, un sistema legal que la protegía, con el consiguiente aliento a la inversión.

La importancia del derecho a la propiedad, su protección por medio de la ley y la limitación del poder del rey y de la nobleza, a través del establecimiento de la monarquía parlamentaria, favorecieron ampliamente el desarrollo del comercio y de la industria.

Locke fue el pensador adecuado en el momento justo para el desarrollo industrial futuro. Sus ideas sobre la tolerancia, el conocimiento, la propiedad y la autoridad se combinaron y formaron un cuerpo filosófico ideal para los intereses de la burguesía británica. Con su poder económico y político en decadencia, la nobleza fue desplazada por la burguesía.

Una vez que la burguesía logró hacerse del poder, se potenció el desarrollo del comercio. Este último era la fuente principal de recursos de la economía británica. Su condición insular y la escasez de recursos naturales hicieron que

Gran Bretaña desarrollara un sistema económico basado en el comercio. Construyó una imponente flota mercante y de guerra con la cual, a partir del siglo XVIII, dominó los mares, formando un imperio de ultramar que la proveía de materias primas y mercados.

Con un poder económico cada vez más importante, la burguesía desarrolló un sistema de protección legal para la propiedad que favoreció la investigación, y garantizó las condiciones de seguridad necesarias para la inversión, que prepararon el escenario para el desarrollo de la Revolución Industrial.

Se crearon industrias, ubicándose la textil a la vanguardia. Las materias primas obtenidas en los territorios de ultramar serían ahora procesadas y convertidas en manufacturas en la metrópoli, que a su vez las comercializaría por medio de su poderosa flota en los territorios desde donde habían partido originalmente como materia prima.

Este clima de apertura, favorecido por la nueva forma de gobierno, dio rienda suelta al desarrollo de las ciencias, que abrieron el camino a los avances científicos y técnicos que dieron lugar al desarrollo de una revolución económica.

Puede observarse que se sucedieron así tres revoluciones: la ideológico-filosófica, generada en gran parte por las ideas de Locke; luego la política, que llevó al cambio de la forma de gobierno, y finalmente la económica, es decir la Revolución Industrial.

La propagación de las ideas del liberalismo a los demás países de occidente, y del mundo modificó las formas de producción, que a su vez transformaron su estructura económica y social.

De este modo, pese a que la Ingeniería como tal es una transformación de la idea en realidad material útil, y está por lo tanto intrínsecamente ligada al ser humano, su nacimiento como campo de actividad empresaria específica sucedió en el clima de la Revolución Industrial.

## **La empresa de ingeniería**

### *Sus características*

Tal como anunciara al comienzo de este trabajo, uno de mis objetivos es analizar la trayectoria de la empresa de Ingeniería hasta que llega a ser una actividad empresaria. La revolución de la que me he ocupado es la que preparó el terreno para su nacimiento.

Como hemos observado, la Ingeniería como tal es antigua, pero las organizaciones de Ingeniería, particularmente las grandes, son un fenómeno mo-

dero. Si las comparamos con otras empresas productivas, sus características son tan diferentes que puede resultar interesante indagar dónde, por qué y de qué modo una sociedad puede generar, nutrir y permitir que se desarrolle una organización así.

Si paseáramos imaginariamente por los pasillos de una empresa de esta naturaleza, encontraríamos cientos de ingenieros de todas las disciplinas, además de proyectistas, dibujantes, y otras personas dedicadas a actividades logísticas periféricas.



**Figura 9: Empresa de Ingeniería**

Todos ellos aparecen distribuidos en miles de metros cuadrados de pisos, sembrados de puestos de trabajo y de computadoras cargadas con programas de gestión, diseño y cálculo. Hay ambiente de silencio y concentración. Diversos proyectos simultáneos están en marcha, y hay equipos abocados a cada proyecto. Cada equipo tiene su plan, su presupuesto y un líder responsable.

A diferencia de lo que sucedía con las grandes obras del pasado, los proyectos que se realizan tienen un claro imperativo sobre costos, plazos de terminación y rentabilidad.

Para sobrevivir, la empresa tiene que recuperar sus costos. Para prosperar y mantenerse competitiva, útil y eficiente, tiene que invertir continuamente en su superación tecnológica.

¿En qué tipo de sociedad prospera una empresa de Ingeniería?

La empresa de Ingeniería prospera en sociedades que privilegian lo científico y lo tecnológico, que acogen a los tecnólogos y a su cultura del hacer. Sociedades concientes del fuerte efecto multiplicador de trabajo que tiene la Ingeniería, y de su vital importancia para un gran número de otras actividades (pequeñas y medianas empresas, fábricas, talleres) que nacen, crecen y progresan a partir de la gran organización de Ingeniería.

Los ingenieros y técnicos experimentados constituyen un porcentaje relativamente pequeño de la población. Se afincan normalmente en centros urbanos muy poblados con una clase media fuerte, con tradición de constructores y amor por lo tecnológico. Con principios de trabajo, ahorro, administración de recursos y utilidad.

No abundan estas cualidades en la aristocracia; es dable encontrarlas más bien en el seno de la burguesía, esa clase social que hizo nacer la revolución industrial.

Sólo en una gran concentración urbana se encontrarán los cientos de ingenieros y técnicos experimentados que los planteles de una empresa de Ingeniería requieren, así como el orden social propicio para su afincamiento, y la educación adecuada para renovarlos y nutrirlos continuamente a partir de maestros que enseñen su oficio.

La empresa de Ingeniería, por otra parte, surge cuando se crean mercados receptores ávidos de sus servicios. Puede florecer al amparo de grandes desarrollos urbanos, la foguean los grandes acontecimientos políticos (inclusive, desgraciadamente, los conflictos bélicos), la favorecen los gobiernos que estimulan y protegen la iniciativa privada, y también aquellos que realizan gigantescas inversiones en obra pública, dotando a la población de una calidad de vida básica que, a su vez, genera los emprendimientos privados.

La organización de Ingeniería requiere de una sociedad en la que prevalezcan pensamientos y valores racionalistas, empiristas y científicos, sin importar en principio si éstos vienen nominalmente de la mano del liberalismo o de otras ideologías. Una sociedad en la que prevalezca el pragmatismo sobre la abstracción. Una sociedad que cuente con líderes políticos capaces de acción.

Una sociedad en la que se den las condiciones para que desplieguen su energía los líderes industriales y económicos capaces de impulsar el desarrollo.

La sociedad argentina ha sido, por momentos, capaz de movimientos de ese tipo; quedan como testimonio nuestros polos petroquímicos de La Plata, Bahía Blanca, Santa Fe y Mendoza; el desarrollo de cuencas de hidrocarburos para el autoabastecimiento de gas y petróleo, el complejo siderúrgico sobre el Río Paraná, el naciente complejo agroindustrial de la pampa húmeda, entre muchos otros.

## El caso TECNA

### *Su desarrollo*

En este punto me referiré a mi experiencia personal.

Hablaré en primer término, entonces, sobre la génesis y la estructura de la empresa TECNA, a cuya creación y configuración me he dedicado durante décadas, y que puede servirnos como ejemplo a la hora de ocuparnos de las organizaciones de Ingeniería en general.

Expondré cuáles fueron las condiciones que hicieron posible que el proyecto de esta empresa de Ingeniería prosperara en el tiempo. Explicaré las circunstancias en las que se creó la organización y el modo en que fue encontrando un quehacer específico que le permitiera diferenciarse de las demás empresas. Me referiré a las etapas de su desarrollo y adaptación al clima político y económico. Hablaré también sobre el proceso que le permitió acumular conocimientos, consolidándose en el tiempo y, finalmente, formularé algunas apreciaciones acerca de su futuro.

Al igual que otras empresas de Ingeniería en el mundo, TECNA tiene sus raíces en el complicado proceso histórico y sociológico que hemos visto hasta aquí.



**Figura 10: Sede de TECNA en Buenos Aires desde 2003**

En aquella época acababa yo de vivir una experiencia de trabajo en los Estados Unidos, en la que adquirí nuevas ideas y conceptos sobre la ejecución de proyectos de Ingeniería, que posteriormente se concretaron en TECNA.

La visión de esta empresa realza la importancia de la Ingeniería química como elemento de valor diferenciante en proyectos industriales. Con el tiempo, esto se convirtió en cualidad distintiva y reconocida de TECNA.

En sus primeros años, TECNA ofreció servicios de consultoría en plantas de procesos químicos y refinación de petróleo, incursionando también en el naciente campo de la energía nuclear, asistiendo al INVAP en el diseño térmico y mecánico de pequeños reactores nucleares.

En el mercado argentino de entonces, en el área de procesos y energía, se hacían presentes empresas de talla relevante para competir en proyectos de Ingeniería y construcción.



**Figura 11: Sedes de TECNA a través de la historia**  
(1974) Arriba izq. -San Martín 66 / (1976) Arriba der. - Bolívar 382  
(1979) Abajo izq. -Belgrano 485 / (1996) Abajo der.- Paseo Colón 439

Nosotros, en cambio, preferimos mantenernos en el camino de la consultoría, presentándonos como una verdadera entidad de Ingeniería de procesos, cuando entonces lo habitual era contratar esta especialidad en el extranjero.

No fue fácil vencer la resistencia a cambiar esta modalidad del mercado, pero la fe de los que fundamos la empresa y el apoyo de nuestros colaboradores nos mantuvieron enfocados en la decisión de ser una compañía destacada en Ingeniería de procesos.

Los comienzos de los años '80 nos introdujeron en un nuevo capítulo de nuestro desarrollo. Es la época en la que se desarrollaron los grandes yacimientos de gas en el sur argentino y en la que, paralelamente, el país empezó a tomar plena conciencia de las ventajas del gas natural como combustible.

Se hicieron enormes inversiones en gasoductos para transportar el gas a los importantes centros de consumo localizados en Buenos Aires.

También se desarrollaron proyectos para recuperar todo el gas posible en las distintas cuencas argentinas; para aumentar el abastecimiento de la red de gasoductos y para eliminar los numerosos aventamientos de gas en boca de pozo que había entonces en todas las cuencas del país. Eran épocas en las que el gas, asociado al petróleo, solía quemarse en antorchas.

¿Cómo llega TECNA a convertirse en una empresa con fuerte especialización en tecnología del gas natural sin apoyo externo, estatal o privado y sin disponer de recursos para investigación?

Tecnología es lo que hay que saber para hacer. Valiosas tecnologías tuvieron origen en la investigación científica pura y aplicada. Pero esta no es la única vía para producirlas. La Empresa de Ingeniería crea tecnología por acumulación de conocimientos, obtenidos de múltiples formas.

Puede desarrollar tecnología por observación, estudio y experimentación, por consultas a expertos y bibliografía y a través de datos extraídos de los resultados de sus propios trabajos. Procesando los conocimientos así obtenidos, debidamente ordenados y clasificados, puede utilizarlos posteriormente. Destilando continuamente el conocimiento para depurarlo, mejorarlo y hacer avanzar la frontera de lo que ya se sabe, puede innovar sobre la base de experiencias anteriores.

La necesidad de responder a los requerimientos de un mercado de Ingeniería que comenzaba a crecer con fuerza, nos impulsó no sólo a participar con Ingeniería sino también a fabricar, a construir y a integrar nuestra capacidad técnica en la entrega de equipos y unidades modulares de procesamiento bajo contratos "llave en mano".

El gas natural, en las profundidades de un yacimiento, es una compleja mezcla de hidrocarburos que van desde el simple metano, con un átomo sólo

de carbono, hasta compuestos con moléculas de entre 15 y 20 átomos. Por estar en contacto con agua, está saturado de humedad, y, en algunos yacimientos, puede estar contaminado con gases ácidos, generalmente ácido sulfhídrico y dióxido de carbono.

El acondicionamiento del gas para el transporte requiere extraerle el agua, los sólidos y los hidrocarburos con más de 4 átomos de carbono, para evitar la condensación durante el transporte. Cuando tiene acidez, debe ser tratado mediante algún proceso químico, para limitar su concentración a los valores permitidos en las especificaciones.

En ciertos casos, el proceso de extracción de hidrocarburos líquidos es mucho más intenso. Buscando optimizar el rendimiento económico, se separan del metano los componentes con cuatro átomos (butanos), y más livianos (propano y etano).

Para lograr estas separaciones es necesario procesar el gas a bajas temperaturas, llegando, en el caso de una extracción total de etano, a temperaturas extraordinariamente bajas.

Esencialmente, estos procesos están constituidos por secuencias de las clásicas operaciones unitarias que los ingenieros químicos estudiamos en la facultad: separación de fases líquido-vapor, intercambios de calor, fraccionamiento de líquidos, absorción, compresión de gases, transporte de líquidos, y otras.

Como desde siempre tuve una fuerte vocación por el diseño de procesos y ya tenía diez años de experiencia en la Argentina y EE.UU. en estos temas, creía posible diseñar y construir en el país equipos y plantas para estos procesos.

Si bien los ingenieros de Gas del Estado ya habían conseguido desarrollar alguna tecnología, lo habitual era importar, tanto la tecnología como las plantas modulares, casi siempre de los Estados Unidos.

Yo era entonces profesor de la cátedra de Proyecto de Plantas, una materia del último año de Ingeniería Química, en la Universidad Nacional de Buenos Aires, y observaba que mis asistentes en la cátedra y muchos de los estudiantes que cursaban el sexto año de la carrera tenían muy buena base teórica en Operaciones y Procesos Unitarios, dos materias básicas para el diseño de procesos del gas natural. Tenían también muy buen dominio de la matemática, dominio imprescindible para realizar los cálculos.



**Figura 12: Texas Instruments TI59**

Ahora bien, realizar los cálculos no era, entonces, tarea sencilla. El diseño de separaciones, fraccionamientos y absorciones de mezclas gaseosas con muchos componentes implica la resolución de ecuaciones que satisfacen simultáneamente balances de materia, de calor y las condiciones del equilibrio líquido-vapor del sistema multicomponente. Tarea poco menos que imposible para aquellos tiempos, en que todavía no se habían desarrollado los simuladores de procesos, esas poderosas herramientas que surgieron años más tarde.

Los datos de equilibrio que podían obtenerse en publicaciones de la Asociación de Productores de Gas de EE.UU. eran suficientemente confiables para los rangos de temperaturas moderadamente bajas que se utilizan para acondicionar el gas para transporte. Para las temperaturas mucho más bajas que se usan en la recuperación de gas licuado, se necesitaban otras fuentes de datos de equilibrio.

Uno de nuestros principales escollos en esa época fue encontrar una solución a estos problemas. Antes de que surgieran los simuladores, tuvimos que valernos de una variedad de recursos. En los primeros intentos, fue la increíble habilidad de algunos de nuestros primeros ingenieros para resolver complejas matrices con una elemental calculadora Texas Instruments 59, o con aquellas

computadoras que ocupaban cuartos enteros, o con una modestísima Hewlett Packard.

Luego fueron pruebas con los primeros simuladores que comenzaban a desarrollarse en EE.UU. Eran épocas de muchos viajes al Norte, con prolongadas estadías en Houston para correr los cálculos.

Poco a poco nos fuimos proveyendo de herramientas cada vez mejores y llegaba el momento en que debíamos intentar persuadir a los productores de que podíamos ser una alternativa económica y eficiente respecto de la competencia extranjera.

Los primeros en confiar en nosotros fueron Pluspetrol y Bidas, dos productores privados argentinos.

En 1985, Pluspetrol nos confió la expansión de una planta ubicada en el yacimiento Ramos, provincia de Salta.

En 1987 BRIDAS contrató a TECNA la Ingeniería de plantas modulares para recuperar gas licuado en dos yacimientos de Mendoza.

En 1988 integramos un consorcio que construyó para YPF la planta de Loma de Las Yeguas, con una capacidad de procesamiento de gas de 6 millones de m<sup>3</sup>/día, en la provincia del Neuquén.

Las puestas en marcha de estas plantas fueron verdaderas pruebas de fuego para las virtudes de diseñadores que pregonábamos tener.



**Figura 13: Yacimiento Ramos, Salta**



**Figura 14: Malal, Mendoza**



**Figura 15: Loma Las Yeguas, Neuquén**

Fueron semanas en las que sufrimos y aprendimos mucho. Casi todos los socios estuvimos en esas patriadas, aportando cada uno de nosotros lo que sabía, en el proceso, en la operación, en la sala de control y al pie de los equipos.

Por cierto que, como en toda puesta en marcha, obedeciendo las leyes de Murphy, algún equipo rebelde tardó en funcionar de acuerdo con lo previsto en el diseño. Era comprensible que en esos difíciles momentos, una sombra de duda se proyectara sobre los osados ingenieros de TECNA.

Afortunadamente, el buen desempeño de estas plantas nos ganó el respeto y la confianza del mercado y nos abrió las puertas del futuro.

En esos proyectos comenzamos a incorporar y a formar un núcleo de ingenieros y técnicos, a partir del cual se fue formando un plantel profesional cada vez más importante. Aprendimos también una lección muy valiosa: tener buenos tecnólogos en el equipo era indispensable pero no suficiente. Debíamos fortalecer nuestra capacidad de gestionar tanto los proyectos como las áreas de compras, administración, finanzas, ventas, seguridad, calidad, actividades todas que debe realizar una empresa de Ingeniería que se precie.

Los años '90 trajeron la privatización del mercado energético en la Argentina y fuertes inversiones en el sector de hidrocarburos.



**Figura 16: Loma La Lata, Neuquén**



**Figura 17: Zorro III, Chubut**

Las oportunidades se multiplicaron y TECNA comenzó a ser reconocida como empresa proveedora de servicios de consultoría, Ingeniería y construcción entre los productores nacionales e internacionales que proyectaban inversiones.

Los esfuerzos rindieron sus frutos ya que desde entonces fuimos ingenieros o ingenieros y constructores de muchos proyectos en prácticamente todas las cuencas petrolíferas de nuestro país, Bolivia, Ecuador, Perú y Brasil.

Algunos de ellos son, por magnitud y complejidad, grandes proyectos a escala mundial.



**Figura 18: Sábalo, Bolivia**



**Figura 19: Carina Aries, Tierra del Fuego**

Llegamos así a configurar a TECNA con los rasgos específicos que la distinguen en la actualidad.

Una fuerza de Ingeniería de tamaño considerable, ya que emplea a más de 700 personas, integrada en una red de oficinas, empresas en sí mismas, ubicadas en Buenos Aires, Santa Cruz (Bolivia), Lima, Quito, Río de Janeiro, Caracas, México, Houston y Madrid.

La organización es matricial. Cada empleado pertenece a alguna de las Unidades Operativas de la empresa —las clásicas de una empresa típica de Ingeniería— pero trabaja en proyectos manejados por líderes que utilizan la matriz de personal.



**Figura 20: P34, Espírito Santo, Brasil**



**Figura 21: Camisea, Perú**

Los servicios que ofrece son: Ingeniería y gestión de proyectos, sistemas de control, operación y mantenimiento, fabricación de módulos de proceso y proyectos EPC.

*Claves*

Acaso Tecna es fruto de la fortuna, del destino, de la voluntad de Dios.

¿Quién sabe?

Quizás los designios del azar hicieron que Grimaldi y yo nos reencontráramos en el momento oportuno para que TECNA pudiera plasmarse en la realidad que es hoy.

Que tuviéramos las personalidades complementarias que tenemos, y que, a poco de empezar a andar, pudiéramos atraer a nuestro proyecto a otros, cuyas personalidades, cualidades humanas y profesionales resultaron necesarias para el mismo. Que pudiéramos mantenernos trabajando juntos, con objetivos comunes, durante muchos años y hasta hoy. Que además de lazos laborales, algunos de nosotros desarrolláramos fuertes lazos de amistad.

La complementariedad de nuestras personalidades fue determinante para el éxito.

El que conoce, busca y elige, marcando el camino.

El que aprende y analiza hasta la obsesión cada detalle.

El que nunca está conforme y cambia todo.



**Figura 22: El Oráculo de Delfos**

Fruto de la labor conjunta de estas personas fue la adquisición de un núcleo de conocimientos básicos que constituyeron las tecnologías de procesos y equipos, que la empresa pudo acumular en los primeros 20 años de su existencia. Este conocimiento fue el origen, el punto de partida del crecimiento posterior.

El ritmo de crecimiento se acelera sustancialmente a partir del año 2000 y lleva a TECNA a su estado actual. En estos pocos años pudo aumentar notablemente el número de empleados, y expandirse a varios países de América Latina.

¿Cómo pudo crecer en tan poco tiempo una organización que necesitaba proyectos para incorporar personal, pero a la vez necesitaba de personal calificado para concretar dichos proyectos?; ¿cómo pudo ser formado ese personal? En medio de un mundo que presenta un flujo constante de conocimientos, en medio de tantos proyectos diferentes y a la vez complejos.

Este proceso ha sido estudiado por Ernesto Gore y Alejandro Artopoulos, investigadores de la Universidad de San Andrés, en el trabajo “Creación de Conocimiento Mediante Desarrollo Organizacional. El caso Tecna”.

En este trabajo se investiga el modo en que TECNA respondió a estos desafíos:

- Mediante una estrecha interacción entre expertos y novatos.
- Una política de apertura del conocimiento entre sus integrantes.

- Implementando redes o grupos de consulta de fácil acceso.
- Implementando un registro digital de la experiencia y sistematización de los trabajos.



**Figura 23: Carlos Grimaldi y Ricardo Altube  
- Socios fundadores de TECNA**

La información generó a su vez un proceso de aprendizaje a través del cual los ingenieros de mayor experiencia debieron digitalizarse, mientras que los más jóvenes no necesitaban hacerlo, pero sí formarse en las prácticas de Ingeniería.

El resultado fue, entonces, la formación en la empresa de dos tipos de estructuras, en interacción constante: los grupos de trabajo y las redes de consulta.

Ambas estructuras en interacción llevan adelante los proyectos, pero, por sobre todo, son productoras de tecnología.

### *El futuro*

Esta es la organización de Ingeniería que, hasta el presente, supimos conseguir. Ahora bien: ¿qué cambios depara el futuro a la organización de Ingeniería?

Cada día las herramientas serán más poderosas. El cálculo dejaría de existir, ya que todo se limitará a elegir opciones de diseño.

No habrá trabajos de rutina y sólo los que tengan conceptos claros y sean creativos podrán participar del diseño.

Los simuladores parecerán videojuegos, programas automáticos de diseño que buscarán la solución óptima, emitiendo la documentación final, salas de realidad virtual en las que podremos “vivir” el diseño, no sólo desde la visualización física sino desde la dinámica e intimidad de cada equipo y proceso.

Habrán ambientes de trabajo virtuales con gente interactuando desde cualquier lugar del mundo, aunque esto sólo vendrá con el recambio generacional, porque las generaciones actuales todavía necesitamos el contacto directo.

También vendrá la Ingeniería modular, donde todo será como armar casitas con Lego. Esto, que ya existe en la electrónica y la computación, se extenderá a todas las otras áreas del diseño.

Por otra parte, debemos pensar que la organización de Ingeniería será fundamental para resolver el problema de la dependencia del mundo con la energía de origen fósil y la contaminación del ambiente.

Estrechamente ligados al problema de la energía estarán los futuros cambios en los medios de transporte, que las organizaciones de Ingeniería están llamados a poner en marcha.

Debemos prever también especialmente el desarrollo intenso de organizaciones relacionadas con rubros claves de la producción en el futuro.

Crecerán la industria alimenticia y la biotecnología; y también ramas tecnológicas transversales como la nanotecnología y la producción industrial en el espacio exterior.

De todas maneras, como hemos visto, el conocimiento dista de ser un tema cerrado. Más allá de las reflexiones realizadas, debemos dejar abierta la puerta para que surjan nuevas incertidumbres y nuevos problemas que, sin duda alguna, los hombres con visión de futuro sabrán y podrán convertir en oportunidades para el bien de la humanidad.

De este modo la Ingeniería del futuro continuará, en niveles inéditos, la línea marcada por la definición de Kirby que cité al principio de este trabajo. Seguiremos siendo equipos que apliquen, en la práctica, conocimientos provenientes de todas las fuentes abiertas a la curiosidad humana.

## Referencias

- (1) KIRBY, R. Sh., *Engineering in History* (1874).
- (2) RUSSELL, Bertrand, *Historia de la Filosofía* (1945).
- (3) GORE, Ernesto y ARTOPOULUS, Alejandro, “Creación de conocimiento mediante desarrollo organizacional. El caso TECNA”, Universidad de San Andrés (2001).
- (4) NETZ, Reviel y NOEL, William, *El Código de Arquímedes*.