

Breve historia de la ingeniería

*Asdrúbal Valencia Giraldo**

Resumen

El trabajo se inicia presentando una visión del papel social de la ingeniería, avanza con algunas definiciones de la profesión y muestra la evolución de ésta desde la ingeniería primitiva, pasando por el Medio Oriente, Egipto, Grecia y Roma, hasta llegar a la Edad Media. A partir de la revolución científica y tecnológica de los siglos XVII y XVIII se llega a la ingeniería del siglo XX. Luego se muestra el panorama nacional, los aportes indígenas, españoles y negros, el desarrollo desde la ingeniería prehispánica hasta nuestros días, con especial mención de la ingeniería en la Universidad de Antioquia.

Abstract

This paper begins presenting a vision of the social rol that engineering has played, it endeavours on some definitions of this profession and shows its evolution from primitive engineering troughout Mid West, Egipt, Greece and Rome up to de Midle Age. XX century engineering is presented starting with the technological and scientific revolutions in XVII and XVIII centuries. Then the national panorama is approached, Indian, White and Negro contributions are pointed out and evolution from prehispanic engineering to our days is shown, with especial mention to engineering in the University of Antioquia.

* Departamento de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia.

1. Introducción

A medida que la humanidad avanza, que la población aumenta, que muchos problemas se agigantan, y que la ciencia y la tecnología se expanden velozmente, la ingeniería colombiana se verá más y más exigida con nuevas demandas del pueblo y de la Nación. Es creciente la importancia de la función social de la ingeniería, como consecuencia de los procesos de globalización y alta competencia que se dan entre las empresas de bienes y servicios, cada vez más centrados en el desarrollo tecnológico. El bienestar de una sociedad tiene hoy una gran dependencia de la capacidad de poseer conocimientos y de aplicarlos a procesos productivos. El ingeniero, en razón de su preparación científico tecnológica, está particularmente preparado para entender los nuevos fenómenos mundiales y para convertirse en un participante activo en la modernización industrial, y en la definición del destino económico del país y de sus regiones [1].

En la historia del mundo, y en la de Colombia, la ingeniería ha sido una herramienta esencial del crecimiento de los pueblos, de su desarrollo y del mejoramiento de sus condiciones de vida. Así lo confirma el proceso de casi 180 años de evolución de nuestra república, y muy especialmente en la etapa del actual siglo XX que está terminando. Así mismo, a medida que nuestra vida como nación ha ido desenvolviéndose —no sin muchas dificultades— y haciéndose más compleja, ha ido también estimulando a nuestra profesión para superarse, y exigiéndole más saberes, nuevas técnicas, instrumentos y equipos más avanzados y mayores aptitudes para asumir retos crecientes y más complejos.

Fueron los ingenieros, apoyados por algunos gobiernos, y en compañía de otros estamentos sociales, los que recibieron las tecnologías más avanzadas y modernas para ponerlas al servicio de la sociedad colombiana y de su desarrollo. Así ocurrió desde el siglo XIX con la minería, la navegación fluvial, los ferrocarriles, las comunicaciones eléctricas y las primeras fábricas. Así ha sido en el siglo XX con la electrifica-

ción, las carreteras, las industrias modernas, la aeronáutica, las telecomunicaciones, los servicios públicos, el petróleo y el manejo del territorio. Desde los primeros alumnos del Colegio Militar de Ingeniería, a mediados del siglo pasado, hasta los más de 60 mil colegas que hoy trabajan, los ingenieros colombianos han demostrado plenamente su compromiso con toda la nación [2].

Casi todos los grandes campos de actividad económica han recibido ingentes beneficios de esta profesión. La agricultura, con todas sus versiones; la minería tradicional y la moderna; la industria grande, la mediana y la pequeña; los transportes terrestres, fluviales y aéreos; las agroindustrias convencionales y las más modernas; los petróleos en todas sus etapas, desde la exploración hasta las calderas y los motores; la edificación y las obras públicas, desde luego; el poderoso y ya muy avanzado sector eléctrico; los servicios públicos domiciliarios, la medicina y —más recientemente— el creciente sector financiero. No habría economía colombiana moderna sin el vasto y sólido soporte que le ha dado y le sigue dando la ingeniería nacional. Además, así parece que seguirá ocurriendo en el porvenir.

La vida profesional de los ingenieros ha enriquecido en grado sumo la vida de la sociedad colombiana, en muchos sentidos y en muchos ámbitos. Su trabajo personal, junto a campesinos, obreros, indígenas y artesanos, ha promovido, con los años, el avance social de estos grupos, mediante el entrenamiento en el trabajo, el ejercicio de la iniciativa y el estudio esforzado. Ellos han promovido la incorporación a la cultura nacional de docenas de nuevas ciencias, de los más avanzados desarrollos de la técnica, de la elevación de la productividad económica, de mejoras sociales, del nuevo espíritu de respeto al medio ambiente, de la elevación de niveles en la educación técnica en todas sus formas. Innumerables instituciones y actividades, públicas y privadas, han surgido para beneficio de los colombianos, literalmente a hombros de los inge-

nieros: empresas del Estado, industrias particulares, la infraestructura física, las empresas de servicios públicos, numerosas universidades, entidades financieras nacionales, el Sena, la electrificación, las telecomunicaciones y más. Esta es la forma pragmática pero muy eficaz como la profesión ha cumplido su compromiso de mejorar la vida de todos los connacionales, y especialmente de los que más lo necesitan y lo seguirán necesitando: generando empleo y capacitándolos; enseñando con la palabra y la acción; promoviendo a los de abajo; conservando nuestros recursos naturales y el entorno; descubriendo el vasto territorio colombiano; construyendo ciudades y pueblos; y llevando mejoramiento físico y social a todas partes.

Sin embargo, el ingeniero debe tener muy claro el entorno en el cual se mueve. Por ejemplo, el futuro tecnológico está sin duda marcado por la robótica (hasta en sus versiones más espeluznantes: los cyborgs). Esto planteará serios problemas a los países como Colombia, porque ello permitirá que los países industrializados automaticen aún más sus industrias, para no depender de la mano de obra barata ni de los recursos naturales de los países subdesarrollados.

De otro lado, para que un país del Tercer Mundo pueda hacer su propia revolución robótica, necesita capital, una gran oferta de ingenieros y científicos y, posiblemente, una escasez de mano de obra. La realidad es que el capital es escaso y el pago de la deuda externa lo mengua más, que hay pocos ingenieros y científicos, y que no existe alguna razón social o económica —al menos desde el punto de vista político— para fomentar sistemas de fabricación que ahoren mano de obra.

Estas consideraciones muestran que debe tenerse conocimiento no sólo de la situación mundial sino también de las características específicas de nuestro país, que le dan un cariz propio a la ingeniería que debe desarrollarse en Colombia.

Es por eso que un ingeniero que no sabe de su papel como hombre en el mundo, es sólo un

manipulador de máquinas, un engranaje que puede ser utilizado para el bien y muchas veces para el mal.

La adopción de procesos de fabricación no contaminantes, la diversificación regional de la economía, la reducción de las desigualdades sociales y regionales, adquieren un valor mucho mayor que el solo aumento de la producción y de la productividad a cualquier precio. La elección de las líneas de investigación no es indiferente: ¿Cuántos empleos? ¿Qué tipo de empleos? ¿Qué impactos sobre la naturaleza de los recursos? ¿De las técnicas de producción? ¿Que tecnología? ¿Cuáles serán sus efectos sociales y ambientales? Es evidente que los ingenieros deben desempeñar un papel fundamental en la definición del futuro. Pero hay que prepararse para asumir ese papel, y este trabajo busca que en nuestra facultad se reflexione sobre esto, que es nuestra propia vida.

2. La evolución de la ingeniería

La ingeniería no ha sido definida satisfactoriamente en una sola frase. En 1828 el arquitecto británico Thomas Tredgold, presidente de la *Institution of Civil Engineers*, probablemente el primero que hizo un intento, la llamó “el arte de dirigir las grandes fuerzas de la naturaleza y usarlas para beneficio del hombre” [3]. Para esa época la definición era apropiada, pues no se había consolidado aún el papel de la ciencia y la tecnología en el quehacer ingenieril. Todavía un siglo después los ingenieros civiles definían su profesión como “el arte de la aplicación práctica del conocimiento científico y empírico al diseño y producción o realización de varios tipos de proyectos constructivos, máquinas y materiales de uso o valor para el hombre” [4].

De una manera más general, en la actualidad se proponen nuevas definiciones, cada vez más largas y complejas. Un ejemplo es la definición adoptada por el Accreditation Board for engineering and Technology, ABET: “La ingeniería es la profesión en la cual el conocimiento de las matemáticas y las ciencias naturales ad-

quirido mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se aplica con buen juicio para desarrollar las formas en las que se pueden utilizar, de manera económica, los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la comunidad”.

Una definición, adaptada al medio colombiano, es la elaborada por un ingeniero historiador nacional:

Ingeniería es el conjunto de conocimientos teóricos, de conocimientos empíricos y de prácticas, que se aplican profesionalmente para disponer de las fuerzas y los recursos naturales, y de los objetos, los materiales y los sistemas hechos por el hombre para diseñar, construir, operar equipos, instalaciones, bienes y servicios con fines económicos, dentro de un contexto social dado, y exigiendo un nivel de capacitación científica y técnica ad hoc —particularmente en física, ciencias naturales y economía—, especial y notoriamente superior al del común de los ciudadanos [5].

Una definición general es: “El arte de tomar una serie de decisiones importantes, dado un conjunto de datos completos e inexactos, con el fin de obtener para un cierto problema, de entre las posibles soluciones, aquellas que funcionen de manera más satisfactoria” [6].

En estas definiciones se habla del beneficio para el ser humano y por ello muchos no ingenieros consideran a esta profesión como algo prosaico y utilitarista, cuando no la califican de depredadora y peligrosa. Pero cuando se habla de valor, éste no necesariamente se mide con un baremo económico; las antiguas pirámides y muchas otras estructuras son de poco valor económico, pero su valor en términos de fe y belleza es a veces considerable. Por todas partes hay portentos que han creado los ingenieros, grandes obras que aún hoy asombran al mundo y las que no solamente son útiles sino bellas y transmisoras del espíritu emprendedor del hombre. Son obras, físicas o no, aureoladas por lo maravilloso, que pasan con los poderes demiúrgicos de los ingenieros.

2.1. La ingeniería primitiva

La ingeniería era ya milenaria cuando se intentó definirla, nació antes que la ciencia y la tecnología y puede decirse que es casi tan antigua

como el hombre mismo. Obviamente esta concepción de lo que es un ingeniero se sale de los estrechos marcos de las definiciones actuales. No se pretenderá que los ingenieros primigenios fueran científicos y mucho menos que conocieran la tecnología, eran simplemente ingenieros. Ingeniero es quien ejerce la ingeniería, la profesión que concreta los sueños y construye los ingenios de todo tipo, desde la rueda hasta los cyborgs, entendiendo como ingenio ya sea una máquina o artefacto de guerra o bien una cosa que se fabrica con entendimiento y facilita la labor humana, que de otra manera demandaría grandes esfuerzos. En realidad, la palabra ingeniero apareció en la Edad Media para designar a los constructores de ingenios, aunque junto con el sacerdocio y la milicia la ingeniería fue una de las primeras profesiones en aparecer.

La ingeniería, cualquiera que sea su definición formal, tiene su historia, pues ella no se ha desarrollado sin conexión con las otras actividades humanas, al contrario: es una de las más significativas empresas sociales del hombre. En este sentido la ingeniería debe mirarse en el contexto de la historia general, asociada con los grandes eventos que han cambiado totalmente los sistemas de la vida humana, como: la revolución en la producción de alimentos (6000-3000 a.C.), la aparición de la sociedad urbana (3000-2000 a.C.), el nacimiento de la ciencia griega (600-300), la revolución en la fuerza motriz (Edad Media), el surgimiento de la ciencia moderna (siglo XVII), el vapor y la revolución industrial (siglo XVIII), la electricidad y los comienzos de la ciencia aplicada (siglo XIX), la edad de la automatización (siglo XX), la revolución termonuclear, la revolución de la electrónica y la informática, en suma con la nueva era del conocimiento. A través de las edades, el ingeniero ha estado al frente como un hacedor de la historia. Sus logros materiales han tenido tanto impacto como cualquier otro desarrollo político, económico o social. Estos cambios fundamentales han estimulado desarrollos ingenieriles, los cuales a su vez han acelerado la velocidad de la revolución histórica [7, 8].

Los comienzos de la ingeniería se considera que ocurrieron en Asia Menor o África hace unos 8.000 años, cuando el hombre empezó a cultivar plantas, domesticar animales, y construir casas en grupos comunitarios.

Tras el afianzamiento de la revolución agrícola, se acumularon innovaciones técnicas que ampliaron progresivamente la eficacia productiva del trabajo humano, se inició así el influjo inicial de la ingeniería, que provocó alteraciones institucionales en los modos de relación entre los hombres, para la producción y en las formas de distribución de los productos del trabajo. El cambio más significativo fue el surgimiento de las ciudades que ocurrió hacia el año 8000 a.C.

En las ciudades hubo administración central y comercio y muchos habitantes adoptaron profesiones diferentes a las de agricultor, pastor o pescador; se hicieron gobernantes, administradores, soldados, sacerdotes, escribas o artesanos; es a estos últimos a quienes se puede llamar los primeros ingenieros. Es decir, se afianzó la técnica. La interacción entre esta nueva sociedad urbana y la ingeniería fue muy fértil, pero de igual importancia fue el desarrollo del conocimiento y las herramientas del conocimiento, fundamentales para los ingenieros.

Los desarrollos de esta época incluyen los métodos de producir fuego a voluntad, la fusión de ciertos minerales para producir herramientas de cobre y bronce, la invención del eje y la rueda, el desarrollo del sistema de símbolos para la comunicación escrita, las técnicas de cálculo y la aritmética y la normalización de pesas y medidas.

Hasta 3000 a.C. la mayoría de las edificaciones eran modestas viviendas, pero desde entonces la ingeniería estructural dejó de ser meramente funcional, también fue arquitectónica. Se construyeron grandes palacios para los príncipes y enormes templos para los sacerdotes. Una consecuencia de la aparición de las religiones organizadas, con su gran estructura, fue un aumento de la actividad ingenieril y de su conocimiento.

La nueva riqueza y los rituales religiosos también llevaron a la construcción de tumbas monumentales, de las cuales son ejemplo sobresaliente las pirámides. De hecho, el primer ingeniero conocido por su nombre fue Imhotep, constructor de la pirámide de peldaños en Saqqarah, Egipto, probablemente hacia el 2550 a.C. Este ingeniero alcanzó tanta reverencia por su sabiduría y habilidad, que fue elevado a la categoría de dios después de su muerte.

Los sucesores de Imhotep —egipcios, persas, griegos y romanos— llevaron la ingeniería civil a notables alturas, sobre la base de métodos empíricos ayudados por la aritmética, la geometría y algunos conocimientos incipientes de física [9]. Sin embargo, es paradójico que la obra de los ingenieros, presente en toda la historia, no fue reconocida jamás como obra de ingeniería, sino, acaso, como obra de arquitectura.

Podrían explicarse largamente los sistemas de construcción en Mesopotamia, los sistemas de ingeniería hidráulica y sanitaria que se desarrollaron allí, así como los caminos, los puentes y las artes navales de los imperios asirios, babilonios y de otros pueblos de esa región.

De la misma manera debe recordarse la ingeniería egipcia, basada en la fuerza de ejércitos de hombres sometidos a un faraón y en la gran cantidad de piedra disponible en el valle del Nilo. Esto permitió la construcción de los enormes templos y pirámides característicos. Allí, además, se hizo necesaria la construcción de complejos sistemas de irrigación, dando origen a la agrimensura y la matemática correspondiente.

Es claro, entonces, que el mundo antiguo percibió a la ingeniería como un quehacer que competía con las fuerzas naturales y las domeñaba, como una profesión atenta a la invención de los ingenios de guerra, de las máquinas de extracción del agua, de los caminos, de los canales, de los puentes, del desecamiento de los pantanos, de las galerías subterráneas, de los grandes ingenios portuarios, de las defensas de las ciudades [10, 11,12].

2.2. La ingeniería griega y romana

Con el declinar de la civilización egipcia, el centro del conocimiento se desplazó a la isla de Creta y después, alrededor del 1400 a.C., hacia la antigua ciudad de Micenas en Grecia, el lugar de donde Agamenón partió para la guerra de Troya.

Los constructores de Micenas, como los egipcios, manejaron enormes bloques de piedra, hasta de 120 toneladas, en sus construcciones. Además, dominaron el arco falso, una técnica que les ha ganado un puesto en la ingeniería. Este principio lo usaron en las construcciones subterráneas, como tumbas y sótanos, y en las superficiales, en puentes para vías y acueductos, pues estos últimos los construyeron con eficacia, así como los sistemas de drenaje [13].

Los griegos de Atenas y Esparta copiaron muchos de sus desarrollos de los ingenieros minoicos, porque en esa época fueron más conocidos por el desarrollo intensivo de ideas prestadas que por su creatividad e inventiva.

La ciencia griega no fue muy propensa a la ingeniería, pero en este sentido quizá su mayor contribución fue descubrir que la naturaleza tiene leyes generales de comportamiento, las cuales se pueden describir con palabras. Además, está la ventaja de la geometría euclidiana y de su influjo en la ingeniería.

El primer ingeniero reconocido en el mundo griego fue Pytheos, constructor del Mausoleo de Halicarnaso en 352 a.C., quien combinó allí tres elementos: el pedestal elevado de la columna, el templo griego y el túmulo funerario egipcio. Además, fue el primero que entrenó sus aprendices en escuelas y escribió tratados para los constructores del futuro.

Otros ingenieros importantes fueron Dinocrates, el planeador de Alejandría, y Sostratus, quien construyó el famoso faro. Inventos y descubrimientos griegos sobresalientes son los de Arquímedes y los de Cresibius, antecesor de Herón, el inventor de la turbina de vapor.

Pero los mejores ingenieros de la antigüedad fueron los romanos, quienes liberalmente toma-

ron ideas de los países conquistados para usarlas en la guerra y las obras públicas. Aunque muchas veces carecieron de originalidad de pensamiento, los ingenieros romanos fueron superiores en la aplicación de las técnicas, entre las cuales son notables los puentes que usaron en vías y acueductos.

Pontífice, la palabra que designaba a los ingenieros constructores de puentes, tomó una denotación tan importante, que en tiempos de los romanos vino a significar el magistrado sacerdotal que organizaba y presidía el culto a los dioses, y con esa acepción se utiliza el término en la actualidad. Esta anotación semántica sólo para insistir en el contenido sacro de las actividades ingenieriles.

Además de los notables puentes de los acueductos, visibles en Europa y Asia, y de los cuales son ejemplos famosos el aguaducho de Segovia o el Pont du Gard, cerca de Nimes, con 50 m de altura y 300 de largo, son altamente notables las famosas vías imperiales, como la Via Appia y la Via Flaminia, que atraviesan Italia longitudinalmente. En la cumbre del poder romano, la red de carreteras cubría 290.000 km desde Escocia hasta Persia.

Un historiador afirma que las ciudades del imperio romano gozaban de sistemas de drenaje y suministro de agua, calefacción, calles pavimentadas, mercados de carne y pescado, baños públicos y otras facilidades municipales comparables a las actuales.

La aplicación de la ingeniería en las artes militares y en los problemas de navegación, adecuación de puertos y bahías implicó, como en los otros casos, el uso de máquinas, materiales y procesos, que hablan del grado de desarrollo de la ingeniería romana, de la cual quedó fundamentación escrita en muchos tratados escritos en aquel tiempo y entre los cuales descuelan los trabajos de Vitruvio.

El libro *De Architectura* de Vitruvio, fue escrito en Roma en el primer siglo d.C. Consistía en diez volúmenes, que incluyen materiales y mé-

todos de construcción, hidráulica, mediciones, diseño y planificación urbana [14].

Cuando el poder se desplazó de Roma a Bizancio, en el siglo sexto d.C., la ingeniería romana se adaptó a nuevas exigencias, y surgieron nuevas formas de construcción, en esto los bizantinos superaron a egipcios, griegos y romanos, desarrollaron el principio del arco y lo utilizaron en un domo soportado en las esquinas de una torre cuadrada. Un ejemplo notable de este sistema es la catedral de Santa Sofía.

2.3. La ingeniería en la Edad Media

Después de la caída de Roma, el conocimiento científico se dispersó entre pequeños grupos, principalmente bajo el control de órdenes religiosas. En el Oriente, empezó un despertar de la tecnología entre los árabes, pero se hizo muy poco esfuerzo organizado para realizar trabajo científico. Al contrario, fue un período en el cual individuos aislados hicieron nuevos descubrimientos y redescubrieron hechos científicos conocidos antes.

Fue durante este período que se usó por primera vez la palabra *ingeniero*. La historia cuenta que alrededor del año 200 d.C. se construyó un *ingenio*, una invención, que era una especie de catapulta usada en el ataque de las murallas defensoras de las ciudades. Siglos después sabemos que el operador de tal máquina de guerra era el *ingeniator*, el origen del título moderno: *ingeniero*.

Un historiador afirma que: “la principal gloria de la Edad Media no fueron sus catedrales, su épica o su escolástica: fue la construcción, por primera vez en la historia, de una civilización compleja que no se basó en las espaldas sudorosas de esclavos o peones sino primordialmente en fuerza no humana” [15]. Esto porque la revolución medieval de la fuerza y la potencia es uno de los desarrollos más dramáticos e importantes de la historia. Obviamente que un estímulo para este desarrollo fue el decaimiento de la institu-

ción de la esclavitud y el continuo crecimiento del cristianismo.

Las principales fuentes de potencia fueron la fuerza hidráulica, el viento y el caballo, que se concretaron en las ruedas y turbinas hidráulicas, los molinos de viento y las velas, las carretas y los carruajes.

Además se hicieron otros avances técnicos, como el uso del carbón de leña y el sople de aire para fundir el hierro eficientemente. Otro avance fue la introducción, desde China, del papel y la pólvora por los árabes, así como las ciencias de la química y la óptica que ellos desarrollaron.

Sin duda el uso del papel, la invención de la imprenta y la brújula, con las posibilidades de la navegación, contribuyeron a la dispersión del conocimiento.

El cristianismo hizo desarrollar la construcción, en expresiones tan maravillosas y sacras como las catedrales góticas, y el islam, las construcciones y mezquitas de los moros. Los ingenieros medievales elevaron la técnica de la construcción, en la forma del arco gótico y los arbotantes, hasta alturas desconocidas por los romanos.

Vías, puentes, canales, túneles, diques, puertos, muelles y máquinas se contruyeron en la Edad Media con un conocimiento, que todavía pasma en la actualidad. El libro de bosquejos del ingeniero francés Villard de Honnecourt revela un amplio conocimiento de la matemática, en especial la geometría, las ciencias naturales y la artesanía.

De esos tiempos data una máquina tan maravillosa como el reloj mecánico, que iría a influir tan marcadamente en la civilización moderna. En Asia, la ingeniería también avanzó con complejas técnicas de construcción, la hidráulica y metalurgia, que ayudaron a crear civilizaciones como la del imperio Mongol, cuyas grandes y bellas ciudades impresionaron a Marco Polo en el siglo XIII.

2.4 La ingeniería en los siglos XVII Y XVIII

Aunque Venecia se enorgullece de sus esplendentes obras de ingeniería, Florencia tuvo el más famoso ingeniero de todos los tiempos. Pocas veces ha sido bendecido el mundo con un genio como Leonardo da Vinci (1452-1519). Aunque aún es aclamado como uno de los grandes artistas del Renacimiento, sus esfuerzos como ingeniero, inventor y arquitecto, son todavía más impresionantes. Mucho después de su muerte, sus diseños de la turbina de gas, la ametralladora, la cámara, las membranas cónicas y el helicóptero, han demostrado ser utilizables.

Galileo (1564-1642) fue también un hombre de gran versatilidad. Fue un excelente escritor, artista y músico, y es considerado también como uno de los principales científicos de este período histórico. Una de sus mayores contribuciones fue su formulación del método científico para acceder al conocimiento.

Habría que mencionar una pléyade de nombres ilustres en el desarrollo de la ciencia y la tecnología en este período: Torricelli, Pascal, Fermat, Descartes, Boyle, Hooke, Huygens, Leibniz y ese otro genio inglés: Isaac Newton.

En esa época se hicieron los primeros intentos para producir la máquina de vapor por parte de Papin y Newcomen. Aunque estas primeras máquinas eran muy ineficientes, marcaron el inicio de las máquinas térmicas como productoras de potencia [16].

2.4.1 La revolución industrial

Cuarenta años después de la muerte de Newcomen, James Watt hizo cambios tan fundamentales e importantes que, junto con Newcomen y Savery, se le da crédito como originador de la máquina de vapor. El otro desarrollo que dio ímpetu a los descubrimientos tecnológicos fue el método, descubierto por Henry Cort, para refinar el hierro. Éste y la máquina de Watt proporcionaron una fuente de hierro, para la maquinaria, y plantas de fuerza motriz, para operar la maquinaria.

El barco de vapor y los ferrocarriles, la unión entre la ciencia y la técnica, la enseñanza de la ingeniería y el desarrollo industrial generaron todas las consecuencias de la Revolución Industrial [17].

2.5 La ingeniería en el siglo XX

Tres desarrollos de la ingeniería del siglo XIX cambiaron las formas de vida humana y alteraron la evolución de la historia. El primero fue la expansión de la revolución industrial, el segundo, el surgimiento de la ingeniería civil como una profesión, que incluyó la conciencia de la necesidad de la educación científica y técnica como prerrequisito para la práctica ingenieril. El tercer desarrollo, y el más importante, correlacionado con el segundo, fue la introducción de un nuevo método para el logro del avance ingenieril: el método de la ciencia aplicada.

Un ejemplo del método anterior fue el desarrollo de la ingeniería eléctrica, lo cual unido a la popularización del motor de combustión interna y a la química, originaron la llamada segunda revolución industrial de principios del siglo XX. A partir de entonces emergió una gran cantidad de invenciones que estaban destinadas a tener un efecto de largo alcance en nuestra civilización. El automóvil se empezó a usar extensivamente, al hacerse disponibles mejores carreteras. Las invenciones de equipo eléctrico por Edison y del tubo electrónico por DeForest impulsaron el uso de sistemas de potencia y las comunicaciones. Además, apareció en escena el avión.

A partir de entonces se desarrolló la ingeniería en todas sus especialidades: civil y sus ramas, construcción, transporte, marítima e hidráulica, potencia y sanitaria; mecánica y sus ramas, de maquinaria, de armas, automotriz, de producción, naval, etc.; industrial; química y sus ramas; eléctrica y electrónica, con sus ramas de control, comunicaciones, potencia y microelectrónica; de petróleos; aeroespacial; de materiales; nuclear; bioingeniería; de sistemas y toda una serie de especialidades que no es posible mencionar aquí.

3. La ingeniería entre la magia y la razón

Casi desde su inicio la ingeniería tuvo dos aplicaciones: una de uso cotidiano y una de uso místico. El primer mundo conceptual corresponde a la solución de las necesidades civiles y militares, que permitió construir todo tipo de obras y espacios para realizar actividades cotidianas y colectivas. La otra aplicación, de carácter sacro, se refiere a la fabricación de utensilios y la creación de espacios más complejos, y se concretó, sobre todo, en la construcción de templos y tumbas [18, 19].

Este aspecto mágico de la ingeniería podría indagarse en las obras de todas las civilizaciones, desde los megalitos, los ziggurats sumerios, las mastabas, pirámides y templos egipcios, los templos minoicos, los laberintos cretences, los monumentos romanos, las catedrales góticas, las pagodas orientales, las pirámides americanas, las tumbas agustinianas, hasta los templos actuales. Esto se puede rastrear en cualquier cultura, antigua o actual [20, 21].

La acción de la tecnología (y la ingeniería) requiere cuatro elementos: 1) los seres o cosas sobre los que actuar, 2) los conocimientos, 3) la intención y decisión de aprovechar los recursos y conocimientos y 4) la inventiva y la capacidad manual. El primer elemento son los recursos, los otros tres son aspectos de la cultura humana que obran sobre los primeros. Por ello, a veces, los recursos no se utilizan porque se forman tabúes, la posesión de las técnicas no significa que sean o puedan ser siempre utilizadas.

Se encuentra aquí una primera tensión entre la posibilidad técnica y la posibilidad mágica, por eso se indicó que se puede hablar de una ingeniería sagrada y otra secular. Dentro de la primera se dan dos expresiones: la que se refiere a los instrumentos y herramientas artesanales, y la que se desarrolló para fines religiosos, como los templos griegos. Por ello se entiende que, inicialmente, la ingeniería tuvo que arrojarse y estar contenida en el ámbito de lo sacro para

poder tener posibilidades reales, e incluso ilimitadas, de acción. Esto porque la religión, ya antes de que estuvieran disponibles los beneficios generales de la ingeniería, ocupaba un lugar principal en el pensamiento y la acción humanos. Sin embargo, aunque la ingeniería no ha representado una parte directa en la formulación de ninguna religión, la tecnología ha facilitado enormemente la comunicación de las enseñanzas religiosas a millones de personas. La producción del papiro, del papel y las tintas ha sido de importancia en la diseminación de las creencias religiosas, así como de la educación en general. De la misma manera, la construcción de templos e iglesias ha mejorado la vida religiosa [22].

Pero el contenido mágico de la ingeniería no sólo existe en los antiguos monumentos, que realmente sobrecogen, como lo han experimentado los viajeros frente a Machu Pichu, en la pirámides de Tikal, bajo la gran pirámide, al pie de Stonehenge o junto a los mohais de la isla de Pascua. También es una visión mágica la gran muralla china vista por un viajero exterior a la tierra; fue algo más que mágico la llegada del hombre a la luna, son mágicos los equipos médicos que exploran el cuerpo humano y aún el cerebro y la mente. Así, a pesar de que la tecnología moderna dice basarse en la desacralización de la ciencia, y de que lleva a la secularización del mundo, sus motivaciones desde el punto de vista humano son las mismas que crearon la tecnología sagrada [23].

Los sueños del hombre, los que han llevado a la situación actual del mundo, pasan por el dominio de la naturaleza: se sueña con el control de la población, con un gobierno mundial, con fuentes permanentes de energía, con el control del clima, con los robots, con los computadores y la educación con ellos, con la transferencia instantánea de masas a distancia, con la aldea global, con la reproducción asexual, con los seres humanos biónicos (cyborgs), con la ingeniería genética, con el control de la evolución, con la inmortalidad, con la telepatía, con la comunicación entre especies, con la explotación del espacio próximo, con las colonias espaciales, con los

vuelos en campos de baja gravitación, con los viajes interplanetarios, con la creación de nuevas tierras, con el control de la gravitación, con la comunicación interestelar, con los viajes interestelares, con los agujeros negros, con los imperios galácticos, con los viajes a través del tiempo, con los cambios alternativos a través del tiempo; sueños todos estos que tienen un elevado contenido tecnológico, vale decir ingenieril.

Pero estos sueños nuevos no son recientes en el caso de los ingenieros, al contrario, lo fantástico, lo mágico de la ingeniería comenzó con su atención a las cosas de la naturaleza; en su curiosidad por ellas, en el deseo de aprehensión y vencimiento, más allá de lo que el destino parece haber concedido al hombre. Toda la mítica antigua, de Sumer al hombre del Perú, es abundante en estas pasiones de dominio de la naturaleza, por lo que los ingenieros pueden, como entes de razón, pero en más de un momento por lo que pueden como criaturas de magia.

Baste pensar en el contenido mítico y tecnológico de las figuras de Prometeo o de Ícaro, en lo que representan Bochica y Chimizapagua, para apreciar la dimensión mítica de la ingeniería, en su papel de allanadora del camino que conduce al hombre hacia la inmortalidad.

Pero hay otro aspecto más concreto de la magia de la ingeniería y es la manera como sus obras se inscriben en el mito, y no precisamente las antiguas. Recordemos cómo se han vuelto míticos el ferrocarril de Antioquia y el túnel de la Quiebra, la carretera al mar y el Golden Gate, la torre Eiffel o la torre de Pisa, el Taj Mahal o la represa de Asuán, el Ford T-6 y el Titanic. Lo sagrado de la ingeniería tiene múltiples manifestaciones, que apenas alcanzan a esbozarse en esta introducción.

4. El panorama nacional

A partir del recuento histórico general y la ubicación de la ingeniería como profesión, es conveniente hacer un breve resumen de la historia de la ingeniería en Colombia.

4.1 Antecedentes

En los orígenes de la ingeniería colombiana, como en todas las demás manifestaciones culturales, hay por lo menos tres raíces: el aporte indígena, el aporte negro y el aporte europeo. Esto debe reconocerse de entrada, y aunque sin duda la contribución de los españoles fue dominante, es conveniente no olvidar los otros componentes. Infortunadamente, esto no es lo aceptado por muchos historiadores respetables, por ejemplo Bateman señala:

Hasta donde alcanzan las noticias sobre la cultura indígena de los pueblos que habitaban lo que hoy es el territorio de la República de Colombia, eran muy pocos los conocimientos que tenían de la matemática y nula la ejecución de cualquier obra. De estas tribus la más avanzada era la de los Chibchas, que tan sólo conocían un sistema de numeración, de base veinte, pues contaban con los dedos de las manos y de los pies, dándole un nombre a cada número [24].

Es posible que los indios no fueran grandes matemáticos, tema que también podría discutirse, pero afirmar que fue “nula la ejecución de cualquier obra” es sin duda una temeridad, por decir lo menos, como se demostrará en este trabajo. Un punto de vista similar es adoptado por un historiador oficial como el ingeniero Poveda Ramos, cuando señala que:

Todo lo que podemos reconocer a nuestros aborígenes como ‘ingenieros’ es la construcción de caminos con una técnica muy rudimentaria, aunque a veces con trazados muy audaces; la técnica de la separación del oro de aluviones, la de su fundición y la de su elaboración a mano, la minería de sal de socavón y su evaporación de aguas salinas, la muy primitiva alfarería y los hornos de leña para cocer piezas de barro, la hilatura y el tejido del algodón y de la lana. Pero casi nada más [25].

Algo reconoce Poveda, pues lo que señala no es poco cuando se lo mira en detalle, pero muchas más ejecutorias pueden atribuirse a nuestros aborígenes, ya que se han documentado desarrollos técnicos y grandes transformaciones del espacio, que fueron realizados en nuestro país antes del siglo XVI, esto es lo que se conoce como ingeniería prehispánica, de acuerdo con la interpretación de Mora Camargo, quien señala:

Resulta curioso que se emplee un término que se refiere al arte de aplicar los conocimientos científicos a la técnica industrial, cuando se habla de sociedades del período prehispánico. Sin embargo, se justifica esto último al ampliar la acepción del término, incluyendo dentro de la categoría aquellos procesos de experimentación y acumulación de conocimientos que dieron como resultado un procedimiento sistemático de manejo y aplicación de técnicas que transformaron profundamente el paisaje [26].

Un punto de vista similar es adoptado por Luz Amanda Salazar al indicar que:

Los conocimientos agrupados hoy bajo la denominación de ingeniería no existieron como una rama autónoma, sino formando parte de una gran amalgama gnoseológica, técnica y mítico-religiosa, pero ante todo práctica. No había distinciones entre unas y otras actividades [27].

Esta última afirmación es importante, no sólo para explicar aproximaciones a la ingeniería civil indígena sino a cualquier otro tipo de tecnología autóctona, pues como anota Lechtman:

Debemos reconocer que actividades como el hilado y el tejido o el vaciado de vasos son tecnologías de poder. Es importante también poner de relieve que en todos estos casos estamos ante tecnologías que nos proporcionan información, pues la razón de sus productos iba en gran parte determinada por el poder comunicativo de su mensaje. Con este enfoque, se puede comprender que las tecnologías metalúrgicas de las Américas eran tecnologías de poder —igual que los metales que produjeron los escudos y las espadas de bronce y hierro del Cercano Oriente—. La diferencia entre unas y otras reside en cómo expresaban ese poder —coercitivo en un caso, ideológico en el otro—. Fue a través de las mismas tecnologías como se confirió el poder a aquellos que lo impartían y controlaban [28].

Por lo anterior, hay que llamar la atención sobre las interpretaciones de la tecnología prehispánica y sus razones, fueran éstas utilitarias, de poder, de compenetración mítico-religiosa o artísticas. Pero el propósito de este escrito no es, obviamente, intentar ese análisis sino mostrar cómo, en sentido amplio, sí hubo una ingeniería prehispánica en Colombia, y la argumentación de este aserto se basará, fundamentalmente, en dos manifestaciones de la ingeniería: la de materiales y la civil.

En su vida cotidiana los indígenas prehispánicos, lo mismo que el hombre actual, manipulaban cuerpos de la más variada índole, obtenidos de diferentes materiales. Es decir echaban mano, con eficiencia, de los recursos [29]. En América no hubo implementos de hierro hasta la llegada de los europeos, pero se utilizaron de metales como bronce, cobre y oro.

Los materiales usados por nuestros antepasados para sus utensilios, fueron de origen mineral, vegetal y animal [30]. La tecnología de los materiales tiene que ver, pues, con la utilización y manipulación de materiales y de manera notable con el manejo de los metales o metalurgia, que lleva incluso hasta la minería. De otro lado, la ingeniería civil se hace evidente en las construcciones (donde estaría asociada con la arquitectura) y las intervenciones del paisaje. Estas se manifiestan en las redes de caminos, en las modificaciones del suelo para fines agrícolas y en los sistemas de manejo hidráulico.

Así pues, el territorio que hoy comprende Colombia ha sido ocupado desde hace 13.000 años. Desde el inicio de la utilización de este espacio geográfico, la acción de los grupos humanos ha tenido una fuerte incidencia sobre el paisaje y algunas de las más grandes transformaciones fueron realizadas con anterioridad al siglo XVI; es por eso que estamos de acuerdo con los diversos autores que hablan de *ingeniería prehispánica* en nuestro país.

En este contexto, la palabra ingeniería se justifica también en aquellos procesos de experimentación y acumulación de conocimientos, que dieron como resultado un procedimiento sistemático de manejo de aplicaciones técnicas que transformaron el paisaje y propulsaron la evolución de estas sociedades cacaicales.

El término *Ingeniería Prehispánica* se hace claro cuando se estudian evidencias como las siguientes:

— Los actos arquitectónicos en el alto magdalena agustiniano.

— Las redes de caminos prehispánicos y las ruinas en la Sierra Nevada de Santa Marta.

— La estabilidad y dinámica agrícola en las sociedades amazónicas, que implicaban, además de la roza y la quema, la rotación de los campos más que de los productos, y la necesaria regeneración del bosque para mantener la fertilidad.

— Los aterrazamientos artificiales y otras construcciones de uso agrícola en la región Calima.

— El manejo hidráulico que los zenúes hicieron de los ríos San Jorge y Sinú.

— Los campos circundados de Guarne.

— Las técnicas mineras indígenas, que perduran hasta nuestros días.

— Las avanzadas técnicas de la metalurgia prehispánica, incluidos desarrollos autónomos como las técnicas de la cera perdida [31, 32, 33, 34].

Se ve pues que antes de la llegada de la ciencia occidental se contaba con una buena base técnica local bien desarrollada, encaminada sobre todo a la producción artesanal, a las obras arquitectónicas y de ingeniería, y a la realización de tareas agrícolas. La conquista causó un serio desquiciamiento de la tradición técnica local y llevó a una significativa pérdida de variedad; pese a lo cual la tradición tecnológica nacional logró sobrevivir de algún modo u otro. Entre los primeros cincuenta y cien años de la conquista se produjo un complejo proceso de aculturación, que comprendió un mutuo intercambio de conocimientos, productos y técnicas.

4.2 La España que conquistó el Nuevo Mundo

La cultura de Europa occidental, y la perspectiva científica que la acompañó, fueron sobreimpuestas a la civilización local tradicional de las regiones conquistadas. Esto ocurrió durante el Renacimiento, cuando la revolución científica se encontraba en embrión y la colonización de América hizo importantes aportes a la transformación de Europa durante el período de la revolución científica [35].

Debe señalarse que una de las causas principales del descubrimiento de América fueron los progresos de la ciencia y la técnica europeas. Primero fue la formulación de la idea de que la tierra era esférica por parte de los eruditos, después el perfeccionamiento de los mapas que ya no eran los fabulosos de antaño sino prácticos, como los portulanos surgidos en el siglo XIII de las escuelas castellano-mallorquina e italiana, que demarcaban sobre todo las costas y cuya principal característica era estar divididos en grados, con lo cual permitían al piloto leer la ruta. Para complementar estas cartas fue de particular trascendencia el empleo de la brújula, la cual, en combinación con el astrolabio y luego con el sextante, desempeñó un importantísimo papel en el perfeccionamiento de la navegación [36]. Además de estos instrumentos, están los adelantos en el arte de navegar: la náutica, que originó el incremento de las construcciones navales y la introducción del uso de la carabela y la nao para los viajes oceánicos, sobre todo de la primera, y sus características para la navegación.

Por último, al hablar de los factores técnicos que posibilitan la expansión europea y, en definitiva, el hallazgo del continente americano, no puede olvidarse la invención de la imprenta en 1455, que permitió a los hombres de ciencia difundir sus ideas y conocer ellos mismos las teorías anteriormente elaboradas sobre el mundo.

Sin embargo, la posición de vanguardia que España tenía en la revolución intelectual del Renacimiento empezó a decaer a fines del siglo XVI, por tres motivos principales: el triunfo de la Contrarreforma y su aislacionismo ideológico; la obsesión por los asuntos prácticos en detrimento de la ciencia abstracta; y el exterminio de la comunidad judeo-española, que durante la edad media había sido el grupo social más importante desde el punto de vista de las actividades científicas. Por estos motivos España estuvo ausente de los grandes desarrollos científicos del período post-renacentista, cosa que afectó grandemente a las colonias.

Europa no se limitó a especular filosóficamente sobre América; viajeros y científicos quisieron observar con sus ojos la nueva realidad. De las primeras misiones científicas que llegaron al país fueron la de Jorge Juan y Antonio Ulloa, quienes llegaron a Quito con la misión de La Condamine. Descubrieron el platino y fueron autores de unas *Memorias Secretas* que son todavía gran fuente de información sobre las condiciones coloniales.

Pero la misión más famosa es, sin duda, la Expedición Botánica de Mutis, que produjo trabajos como *La Flora del Nuevo Reino* y formó científicos criollos como Francisco Javier Matiz y Francisco José de Caldas. Los efectos de esta misión todavía no se han acabado de evaluar [37].

Viajeros como Humboldt y Boussingault dejaron sus semillas, en especial el último que estableció cátedras de química y mineralogía. Tarea múltiple en su labor científica cumplió también Codazzi. Posteriormente hay que incorporar a los avances técnicos, en la minería, nombres como los de Moore, Nisser y von Greiff [38, 39].

4.3 La contribución de los negros

El aporte de la raza negra a la formación de nuestra cultura es ancho y profundo, en la mayoría de sus manifestaciones [40]. De acuerdo con Jaramillo Uribe, en el origen tribal africano de la población colombiana predominan los tipos de origen septentrional y los congolese [41].

Los pueblos de Guinea, de la cuenca del Senegal, del Níger y del Sudán dieron nacimiento a culturas de muy alto grado de desarrollo. Conocieron la ganadería vacuna, el uso del camello, el trabajo del hierro y el bronce, la manufactura de tejidos y tuvieron un arte (esculturas de Benin y Dahomey), una religión y una organización política compleja. En sus áreas se formaron imperios como el Malí y el Songoi, y sus contactos con el norte de África llevaron hasta ellos influencias del islam. Otras culturas, como las de los pueblos congos, hotentotes y bosquimanos practicaron la agricultura de azada y la ganade-

ría vacuna, y conocieron la técnica del hierro, pero no alcanzaron el refinamiento de las culturas septentrionales. Pero todo esto se perdió con la trata, y a pesar del influjo negro en la economía y la sociedad, su incidencia tecnológica y científica es bastante limitada.

4.4 La tradición científica y tecnológica

Las condiciones tecnológicas impuestas en la conquista y completadas en la colonia, perduraron hasta la llegada de la Ilustración en la segunda mitad del siglo XVIII, que precipitó el inicio de los movimientos independentistas [42]. Después de la Independencia la situación no varió mucho en el aspecto tecnológico hasta 1840, pues antes de la primera mitad de esa década no existía en la Nueva Granada ni la ingeniería civil moderna ni una base económica que la sustentara, a pesar de la presencia esporádica de técnicos extranjeros [43]. A mediados del siglo, esta situación comenzó a cambiar. Hacia finales de la década de 1830, Lino de Pombo, José Ignacio de Márquez y el general Herrán argumentaron a favor de las obras públicas, utilizando ingenieros nacionales. Con el ascenso de Mosquera a la presidencia en 1845, aumentaron estos programas, y ya durante la década de 1850 el concepto de ingeniería como profesión comenzó a propagarse dentro de las clases dirigentes del país.

En esta década, personajes como Pedro Alcántara Herrán y Mariano Ospina Rodríguez representan la élite ilustrada que trató de introducir una nueva orientación técnica en la clase alta, mediante la importación de instructores extranjeros de ciencias y el envío de jóvenes de familias prestantes a los centros científicos del exterior. En ambos casos, el interés declarado de la élite se orientaba más a lo práctico, lo técnico y lo productivo que hacia lo teórico, lo científico y lo intelectual. Si bien no estaban en contra de promover la formación de científicos creativos, su principal preocupación era la de crear un cuerpo de técnicos y empresarios que pudieran ayudarles a ponerse al día, económicamente, con los

más avanzados países del mundo occidental. Era necesario inculcar una inclinación científica hacia el conocimiento, haciendo más énfasis en el desarrollo del razonamiento que en la memorización de verdades concluyentes. Existía, por supuesto, un límite para el entusiasmo por el racionalismo científico. Los conservadores neogranadinos rechazaban vigorosamente los aspectos ateo-materialistas de la Ilustración occidental. En su calidad de élites tradicionales, si bien en vías de modernización, deseaban adueñarse sólo de aquellas ideas nuevas que consideraban necesarias para el progreso económico de su país [44].

Por ello resulta tan característico y sui géneris ese sincretismo colombiano, esa modernización en contra de la modernidad, que permitirá en los primeros decenios del siglo avanzar en el terreno infraestructural, sin variar sustancialmente la concepción tradicionalista o la *visión del mundo* y la ideología que, desde la firma del Concordato de 1887 estuvo sometida al control de la iglesia [45, 46].

La Sociedad de Naturalistas Neogranadinos se creó en 1859 y sus realizaciones, aunque escasas, están documentadas, su existencia se debió en gran parte a la labor del doctor Ezequiel Uricoechea.

Durante las décadas de los 70 y 80 el inicio de la construcción de ferrocarriles dio a los jóvenes ingenieros del Colegio Militar mayores oportunidades para ejercer su tarea profesional, pero hasta entonces Colombia se encontraba inequívocamente en una relación colonial con respecto a los centros científicos de Occidente [47, 48].

Por esa época existían ya la Facultad de Matemática e Ingeniería de la Universidad Nacional en Bogotá, la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Cauca y la Escuela de Minas de Medellín. Los ingenieros antioqueños eran lo suficientemente numerosos como para mantener una comunidad científica, la cual tenía unas tendencias profesionales muy contrastantes con las de los ingenieros del oriente del país, quie-

nes dominaban la Sociedad de Ingenieros de Bogotá. Estos eran predominantemente burócratas, por su residencia en Bogotá tenían la pista de los empleos técnicos gubernamentales, como la topografía, la construcción o la inspección de obras públicas y el magisterio. De otro lado, los ingenieros de Antioquia y Cauca eran menos politizados y burocráticos, confiaban más en la empresa privada, muchas veces la suya propia.

Otra diferencia entre estas concepciones de la ingeniería estribaba en que mientras los ingenieros de provincia pensaban en soluciones autóctonas para los problemas nacionales, como el cambio por materiales nativos o los inventos mecánicos adaptados localmente, los ingenieros de Bogotá lucían su más grande originalidad en la matemática puras.

Todas estas diferencias empezaron a diluirse después de la Segunda Guerra Mundial, con la expansión de la ingeniería y el surgimiento de facultades de ingeniería, en muchas de las ramas, en todo el país [49].

4.5 Ingeniería y modernidad

La modernidad de América Latina, y por ende de Colombia, es una modernidad especial desde sus orígenes. A este respecto se plantean varias posiciones.

Una visión que parte de que durante la conquista y la colonia, España y Portugal no se abrían a la modernidad sino que con la Contrarreforma se encerraban en el dogma y la fe única. De ahí el retraso en la sociedad, la política, la tecnología, la economía o la cultura. Las ideologías provenientes de Europa fueron asumidas en la América Latina con el fervor acrítico de una creencia religiosa. Inclusive el marxismo todavía tiene vida en muchos reductos de este "Lejano Occidente". Esto ha sido así hasta ahora porque...

tenemos una cultura filosófica mimética que repite los planteamientos que formulan los pensadores alemanes, franceses, británicos, etc., sin vincular para nada esas reflexiones con nuestro pasado histórico, con nuestro ethos cultural, con nuestras necesidades y perspectivas [50].

Aquí la ciudad, símbolo de lo moderno, no pertenece aún a sus habitantes; se importan y consumen ciencia y procesos tecnológicos, sin una apropiación de sus principios constitutivos, lo que en la práctica se traduce en una dependencia que llega a afectar la misma soberanía nacional; se busca la industrialización, pero sin aceptar en las instituciones su cultura política, e incluso en los rubros presupuestales, la fragmentación y demandas de autonomía individual. Tanto para las “castas señoriales” como para las “vanguardias revolucionarias”, la modernidad aparece como un costo demasiado elevado que habría que evitar.

En este contexto, “modernización” es el nombre con que se presenta hoy en nuestro país el proyecto neocolonial vinculado a la llamada “revolución post-industrial”. Salvo, quizás, que el significado del término se fije desde el horizonte cultural de nuestro pueblo, cosa que —hasta ahora— no sucede. Para ello es necesario, entonces, determinar que la mera industrialización nada produciría si no se formulan claras políticas públicas sociales. Esto implica parte de lo que se ha hecho, tratar de tornar eficiente el sector público; el diseño de programas sociales y la participación de la población y sus organizaciones en la implementación de los mismos; la intervención sobre los procesos de concentración del ingreso y un trato cuidadoso de la deuda externa [51].

Es decir, que Colombia debe buscar sus vías para perfeccionar su modernización, porque no se trata de modernizar la dependencia, de copiar servilmente el desarrollo de los poderosos o de confrontarlos mediante regresiones invariables y todavía más costosas. Se habla de tres formas principales de modernización:

— La modernización equilibrada, en la que no se destruyen los valores tradicionales. Un ejemplo es Japón.

— La modernización conflictiva donde se plantean grandes antagonismos con las tradiciones de una parte de la sociedad, como ocurre en los países musulmanes.

La modernización gradual, como trata de hacerse en los países tercermundistas, laboratorios de modernidad donde lo moderno es frágil [52].

Aunque Colombia haya pasado de país rural a país urbano —en 1938 el 70% de la población residía en zonas rurales y hoy el 75% vive en las cabeceras—, y en la ciudades las vanguardias pueden haberse trepado a la nave de lo posmoderno, parece un poco forzado tratar de encontrar posmodernidad precisamente en las características de una América Latina que no ha podido acceder a la modernidad. Nuestra modernidad es, cuando más, periférica y mestiza.

En América Latina y en Colombia en particular, lo moderno no puede jamás considerarse como un proyecto agotado. Muy al contrario, diría que el proyecto moderno aún tiene demasiadas posibilidades,... aunque el sendero de la modernidad no podemos recorrerlo del mismo modo como lo hicieron otros países para bien o para mal [53].

Evidentemente, nuestro empeño debe ser la entrada a la modernidad con todo lo que eso implica y no simplemente a la modernización, ni mucho menos el creernos posmodernos por influjo de unas artes que no están inscritas en el internacionalismo nivelador de la aldea global.

5. La ingeniería en la Universidad de Antioquia

La historia de la ingeniería en la Universidad de Antioquia es más larga de lo que parece, como se resume a continuación.

5.1 Historia

La academia de ingenieros militares que dirigió el sabio Caldas en Medellín, hacia 1814, fue la primera escuela militar y la primera escuela de ingenieros en Colombia.

En Antioquia, los estudios de matemática se iniciaron en firme por decreto del 4 de abril de 1870 del Dr. Pedro Justo Berrío, que creó la Escuela de Artes y Oficios, la que se inauguró el 1° de julio en las piezas bajas del Colegio del Estado, con 58 alumnos. En 1871, un decreto organizó

la Universidad de Antioquia, y una de sus facultades era la de ingeniería, abierta el 10 de enero de 1872, con 14 estudiantes. Este fue el origen remoto de la Escuela de Minas. Pero en la guerra de 1876 la Universidad se cerró y muchos alumnos fueron a los campos de batalla. Algunos de ellos se marcharon después a estudiar ingeniería en Estados Unidos, como Camilo C. Restrepo que lo hizo en Columbia y José María Villa en el Stevens Institute, en tanto que Tulio y Pedro Nel Ospina fueron a Berkeley [54, 55, 56].

En 1887, la Escuela de Ingeniería se desprende y libera de la Universidad de Antioquia, para convertirse en la Escuela Nacional de Minas de Medellín, creada por la ley 60 de 1886. En 1895, se cierra por diez años y los estudiantes vuelven a la Universidad de Antioquia. La escuela se reabre en 1904, pero se extingue en 1905 y se anexa a la Universidad de Antioquia, donde se siguen formando los ingenieros civiles y de minas. En 1911, de nuevo se forma la Escuela Nacional de Minas, que se separa de la Universidad y continúa existiendo como una entidad independiente hasta 1939, que se le incorpora a la Universidad Nacional [57,58].

La ingeniería renace en la Universidad de Antioquia en 1943 cuando se funda la Escuela de Ciencias Químicas, que luego generaría las Facultades de Ingeniería Química y Química Farmacéutica. En 1968 se crean las carreras de Ingeniería Industrial, Mecánica y Metalúrgica, y se reorganiza la Facultad de Ingeniería. Seguidamente se inician los programas de Ingeniería Sanitaria, Eléctrica y Electrónica. En 1975 se crea la carrera de Ingeniería de Sistemas y en 1995 la de Ingeniería de Materiales.

5.2 La Facultad

En la actualidad, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia representa casi la cuarta parte de la institución en número de alumnos y es una de las principales facultades de ingeniería del país. Cuenta con unos 4.000 estudiantes de pregrado y 1.000 de posgrado, y desarrolla importantes actividades de investigación y extensión.

La facultad tiene un plan de desarrollo que busca ubicarla como la mejor facultad de ingeniería del país. En este sentido es preciso señalar las ventajas comparativas: está inscrita en una universidad donde se cursan casi todos los campos del saber, tanto en las ciencias naturales como las sociales y humanas; tiene las principales ramas de la ingeniería moderna y se cuenta con grupos que trabajan en los temas de punta. Además, se cuenta con un gran número de egresados, muchos de ellos excelentemente situados en los distintos sectores sociales.

Sin embargo, no debe olvidarse la realidad actual de Medellín, que presenta el mismo patrón del país en cuanto a la participación de industrias básicas, intermedias y bienes de consumo corriente, el cual señala una participación mayoritaria de bienes primarios y terciarios, y un pobre desarrollo de bienes intermedios, o de las llamadas “industrias industrializantes”, puesto que son las que generan mayor valor agregado, involucran mano de obra más calificada y generan verdadero desarrollo.

6. Conclusiones

Los ingenieros, sobre todo los universitarios, debemos reconocernos intelectuales y en ese orden de ideas tenemos mayores compromisos. Uno, como ingenieros, frente a la tecnología y la modernización del país, y otro, como universitarios, ante la necesidad de que la racionalidad propia de los intelectuales se legitime en Colombia. Se ha anotado que la escasa legitimidad de éstos se explica porque el conocimiento científico no ha sido tomado realmente en serio, como resultado de diversos factores:

— Por la no modernidad social predominante, pues sólo una minoría es moderna (libre de la magia y el fatalismo).

— Por la falta de un adecuado sistema de “inteligencia social”, un ejemplo de ello es la casi nula conciencia sobre las implicaciones de la revolución tecnológica.

— Por el abandono político de la universidad por parte de las élites.

Todo esto se refleja en el tejido social general, pero sobre todo en el atraso de Colombia en materia de ciencia y tecnología, no sólo respecto al primer mundo sino respecto a Venezuela o Chile [59].

Está claro que la tarea es centrarnos en el trabajo de lograr el avance tecnológico del país, pero sin perder de vista en ningún momento el significado de la palabra modernidad, para no caer en las posiciones “desencantadas” del posmodernismo o en las actitudes retardatarias, frente a la tecnología, preconizadas por todo tipo de movimientos, incluidos algunos que se denominan a sí mismos “revolucionarios”.

Respecto a nuestro compromiso tecnológico es preciso insistir en el examen de lo que somos, a la luz de las tendencias mundiales, es un ejercicio ineludible que debemos periodizar e institucionalizar, de modo que podamos fijar nuestro derrotero y lo podamos corregir de una manera prospectiva. Tenemos la obligación de controlar nuestro ambiente de manera que realmente si vayamos construyendo nuestro futuro.

Referencias

1. Valencia, Darío. *Comunicación privada*.
2. Poveda R., Gabriel, “La ingeniería y su impacto social y económico”, En: *Memorias Seminario Ingeniería, Investigación y Sociedad*, Quirama, 1998, pp.147.
3. Shelton Kirby, Richard *et al.*, *Engineering in history*, Dover, New York, 1990, pp. 2.
4. Sarton, George, *The history of science and new humanism*, Harvard University Press, Cambridge, 1937, pp. 52.
5. Poveda Ramos, Gabriel, *Ingeniería e historia de las técnicas*, vol. I, Colciencias, Bogotá, 1993, pp. 13.
6. Cross, Hardy, *Engineers and Ivory Towers*, Stanford University Press, Stanford, 1953, pp. 158.
7. Shelton Kirby, Richard *et al.*, *Engineering in history*, Dover Publications, New York, 1990.
8. Ribeiro, Darcy, *El proceso civilizatorio*, Universidad del Valle, Cali, 1993.
9. *The New Encyclopaedia Britannica*, “Engineering”, Macropaedia, vol. 18, 15th ed., Chicago, 1993, pp. 414.
10. Beakley, George C. and H. W. Leach, *Engineering. An introduction to a creative profession*, The Macmillan Company, New York, 1987.
11. Furnas, C. C. and J. McCarthy, *The engineer*, Time, New York, 1966.
12. Ehinnery, John R., *The world of engineering*, McGraw-Hill, New York, 1985.
13. Franz, Georg, *Las transformaciones en el mundo mediterráneo*, Siglo XXI, México, 1980.
14. Vitruvius Pollio, Marcus, *On architecture*, Putnam's and sons, New York, 1934.
15. Harvey, John, *The Gothic World 1100-1600*, B. T. Batsford, London, 1970.
16. Berg, Maxine, *La era de las manufacturas 1700-1820*, Editorial Crítica, Barcelona, 1987.
17. Cazadero, Manuel, *Las revoluciones industriales*, Fondo de Cultura Económica, México, 1995.
18. O’dea, William T., *The meaning of engineering*, Museum Press, London, 1961.
19. Llanos V., Héctor, “Espacios míticos y cotidianos en el sur del Alto Magdalena Agustiniiano”, En: *Ingeniería prehispánicas*, FEN, Bogotá, 1990.
20. Salazar, Luz Amanda, *En los orígenes de la ingeniería colombiana*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1988, pp. 41.
21. Llanos V., Héctor, “Algunas consideraciones sobre la Cultura de San Agustín: Un Proceso histórico Milenario en el Sur del Alto Magdalena de Colombia”, En: *Boletín Museo del Oro*, Banco de la República, No. 22, Bogotá, 1988, pp. 83.
22. Fulcanelli, *El misterio de las catedrales*, Plaza & Janés, Barcelona, 1969, pp. 57.
23. Claret Z., Alfonso, “Una apreciación evaluativa de la Edad Media desde el punto de vista de las ciencias”, En: *Seminario Historia de las Ciencias*, Facultad de Educación, Universidad del Valle, 1984.
24. Bateman, Alfredo, “Historia de la matemática y la ingeniería”, En: *Ciencia y Tecnología en Colombia*, Colcultura, Bogotá, 1978, pp. 107.
25. Poveda Ramos, Gabriel, *Historia Social de la Ciencia en Colombia*, Tomo IV, Ingeniería e historia de las técnicas, Colciencias, Bogotá, 1993, p. 23.
26. Mora Camargo, Santiago, “Prefacio”, En: *Ingenierías prehispánicas*, Fondo FEN-Instituto Colombiano de Antropología-Colcultura, Bogotá, 1990, pp. 9.

27. Salazar, Luz Amanda, *En los orígenes de la ingeniería colombiana*, Publicaciones Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1988, pp. 6.
28. Lechtman, Heather, "Perspectivas de la metalurgia precolombina de las Américas" En: *Pre-Columbian American Metallurgy*, Banco de la República, Bogotá, 1986.
29. Patiño, Víctor Manuel, *Historia de la cultura material en la América equinoccial*, Tomo V. Tecnología, Instituto Caro y Cuervo, Bogotá, 1992.
30. Plazas, Clemencia, et al., *La sociedad hidráulica zenú*, Banco de la República, Bogotá, 1993.
31. Santiago Mora (ed.), *Ingenierías prehispánicas*, Fondo Fen, Bogotá, 1990.
32. Clemencia Plazas (ed.), *Pre-Columbian American Metallurgy*, Banco de la República, Bogotá, 1986.
33. Echavarría, A., "Metalurgia Prehispánica en América", En: *Informetal*, No. 30, 31 y 32, 1992.
34. Espinoza, Iván D. y Duque Marcela, "La explotación aurífera en la Antioquia Prehispánica", En: *Informetal*, No. 36 y 37, 1993.
35. Puiggrós, Rodolfo, *La España que conquistó el Nuevo Mundo*, El Áncora Editores, Bogotá, 1989.
36. Fernández Herrero, Beatriz, *La utopía de la aventura americana*, Siglo del Hombre, Bogotá, 1994.
37. Arciniegas, Germán, "Las misiones científicas", En: *Ciencia y Tecnología en Colombia*, Fernando Chaparro y Francisco Sagasti (eds.), Colcultura, Bogotá, 1978, pp. 37.
38. Nisser, Pedro, *La minería en la Nueva Granada*, Banco de la República, Bogotá, 1990.
39. Asociación colombiana de mineros, *La minería antioqueña*, Banco de la República, Bogotá, 1972.
40. Nieto Arteta, Luis Eduardo, *Economía y cultura en la historia de Colombia*, Tiempo Presente, Bogotá, 1975.
41. Jaramillo Uribe, Jaime, *Ensayos sobre historia social colombiana*, Universidad Nacional, Bogotá, 1968.
42. Silva, Renán, *Universidad y sociedad en el Nuevo Reino de Granada*, Banco de la República, Bogotá, 1992, pp. 443.
43. Poveda Ramos, Gabriel, *Minas y mineros de Antioquia*, Banco de la República, Medellín, 1981.
44. Safford, F., *El ideal de lo práctico*, El Áncora Editores, Bogotá, 1989.
45. Corredor, Consuelo, "Modernismo sin Modernidad", En: *Controversia*, No. 161, Bogotá, 1990.
46. Parra, Lisímaco, "Modernidad y Ciencia", En: *Estructura Científica, desarrollo tecnológico y entorno social*, Misión de Ciencia y Tecnología, Vol. 2, Tomo II, MEN-DNP-FONADE, Bogotá, 1990, pp. 561.
47. Poveda Ramos, Gabriel, "Los ferrocarriles y la ingeniería", En: *Revista Universidad de Antioquia*, No. 206, oct-dic, 1986, pp. 5.
48. Obregón Torres, Diana, *Sociedades científicas en Colombia 1859-1936*, Banco de la República, Bogotá, 1992.
49. Safford, Frank, "Orígenes de la profesión de ingeniero en Colombia", En: *Ciencia y Tecnología en Colombia*, Fernando Chaparro y Francisco Sagasti (eds.), Colcultura, Bogotá, 1978, pp. 57.
50. Dussel, Enrique, *1492 El encubrimiento del otro*, Anthropos, Bogotá, 1992.
51. Hernández, Miguel Ángel, "La modernización social y el mundo moderno", En: *Estructura Científica, desarrollo tecnológico y entorno social*, Misión de Ciencia y Tecnología, Vol. 2, Tomo II, MEN-DNP-FONADE, Bogotá, 1990.
52. Jaramillo Vélez, Rubén, "La postergación de la experiencia de la modernidad en Colombia", En: *Estructura Científica, desarrollo tecnológico y entorno social*, Misión de Ciencia y Tecnología, Vol. 2, Tomo II, MEN-DNP-FONADE, Bogotá, 1990.
53. Hoyos Vásquez, Guillermo, "Elementos filosóficos para la comprensión de una política de ciencia y tecnología", En: *Colombia el despertar de la modernidad*, Ediciones Foro Nacional por Colombia, Bogotá, 1994, pp. 396.
54. Echavarría M., Guillermo, *Camilo C. Restrepo*, Servigráficas, Medellín, 1979.
55. Echeverri Coronado, Hernán, *José María Villa, un genio desconocido*, Secretaría de Educación de Antioquia, Medellín, 1978.
56. Robledo, Emilio, *La vida del general Pedro Nel Ospina*, Autores Antioqueños, Medellín, 1959.
57. García, Julio César, "Antioquia y la Universidad", *El pueblo antioqueño*, Revista Universidad de Antioquia, Medellín, 1960, pp. 255.
58. Santamaría, Peter, "La ingeniería", *Historia de Antioquia*, Jorge Orlando Melo (coord.), Suramericana de Seguros, 1988, pp. 401.
59. Gómez Buendía, Hernando, "El uso social del conocimiento y la defensa de lo público", En: *Revista Universidad del Valle*, No. 10, abril 1995, pp. 6.