

LA MAGIA Y EL ARTE DE LA INGENIERÍA

Asdrúbal Valencia Giraldo

Publicado en: Revista Facultad de Ingeniería

Universidad de Antioquia

No. 14 Agosto de 1997

INTRODUCCIÓN

La ingeniería no ha sido definida satisfactoriamente en una sola frase. En 1820 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»(1). 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»(2).

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 Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería de México: «La ingeniería se considera como una profesión que mediante el conocimiento y aplicación de las matemáticas y las ciencias naturales, integradas en el estudio, la experiencia y la práctica, desarrolla un conjunto de métodos que utilizan y

transforman los materiales y fuerzas de la naturaleza con economía y respeto al ambiente, en beneficio del ser humano».

Una definición, supuestamente 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» (3).

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 considerable. Es a esa parte de la ingeniería a la que se refiere este trabajo, a esos portentos que han creado los ingenieros, a esas 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 nos pasman con los poderes demiúrgicos de los ingenieros y por ello la necesidad de tratar sobre el arte y la magia de la ingeniería.

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 concepciones actuales. No se pretenderá que los ingenieros primigenios fueran científicos y mucho menos que conocieran la tecnología, eran simplemente ingenieros. Por ello ingeniero no es quien tiene título, 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 artificio de guerra o bien un artilugio 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. Ese decir la profesión de ingeniero existió muchos siglos antes de que se le diera ese nombre.

En esta perspectiva la ingeniería es una de las muchas empresas sociales, relacionada con los grandes acontecimientos de la humanidad y se puede inscribir como participante en eventos como la revolución urbana, la revolución del riego, la revolución metalúrgica, el nacimiento de la ciencia griega, la ingeniería romana, la revolución de la potencia (en la Edad Media), la revolución mercantil, el surgimiento de la ciencia moderna, la revolución industrial, la electricidad y el inicio de la tecnología, la edad del control automático, la revolución termonuclear, la revolución de la electrónica y la informática, en suma con la nueva era de 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.

Los comienzos de la ingeniería se considera que ocurrieron en Asia Menor o África hace unos 8000 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 los asentamientos urbanos o "ciudades" que ocurrió hacia el año 3000 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, 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 específico 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 de un sistema de símbolos para la comunicación escrita, las técnicas de cálculo, 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 y 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 Sakkarah, 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 Irnhotep - 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. 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 otros pueblos de esa región. Sin embargo, no es objeto de este trabajo hacer una historia de la ingeniería sino señalar algunos hechos que permitan presentar posteriormente los argumentos necesarios al meollo de este ensayo: lo artístico y sacro (o mágico) de la ingeniería.

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, lo que dio 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... (5, 6, 7)

Esa percepción de que la ingeniería enfrentaba las fuerzas de la Naturaleza comprendía en ella una componente técnica, pero sobre todo intuía una porción mágica, sagrada: el portento de alterar los ritmos y las figuras del ser natural.

Unos portentos que asombraban, atemorizaban y hacían al mismo tiempo que el hombre se atreviera a lo insólito con el imaginar de su inventiva.

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 M 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 (8).

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 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 a sus aprendices en escuelas y escribió tratados para los constructores del futuro.

Otros ingenieros importantes fueron Dinócrates 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, sin reatos, tomaron 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 aguadocho de Segovia y 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 Vía Appia y la Vía 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 de; grado de desarrollo de la ingeniería romana, de la cual quedó fundamentación escrita en muchos tratados escritos en aquel tiempo y entre los cuales descuellan los trabajos de Vitruvio.

El libro *De Architectura* de Vitruvio, fue escrito en Roma en el primer siglo D.C. Consistía en 10 volúmenes que incluyen materiales y métodos de construcción, hidráulica, mediciones, diseño y planificación urbana(9).

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 de; arco y lo utilizaron en un domo soportado en las esquinas de una torre cuadrada, la diagonal de la cual era igual al diámetro de la base de; domo. Un ejemplo notable de este sistema es la catedral de Santa Sofía.

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. Por el contrario, fue un período en el cual individuos aislados hicieron nuevos descubrimientos y redescubrieron hechos científicos conocidos antes.

Fue durante este período cuando se usó por primera vez la palabra **Ingeniero**. La historia cuenta que alrededor de; año 200 D.C se construyó un *ingenio*, una invención, que era una especie de catapulta usada en el ataque de las murallas de defensa de las ciudades. Cientos de años después sabemos que el operador de tal máquina de guerra era el *Ingeniator*, el origen de nuestro título moderno: EL INGENIERO.

Un historiador afirma: «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»(10). 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 la decadencia de la institución 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, junto con las posibilidades de 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 M arco gótico y los arbotantes, hasta alturas desconocidas por los romanos.

Vías, puentes, canales, túneles, diques, puertos, muelles y máquinas se construyeron 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 las matemáticas, 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, hidráulica y metalurgia, que ayudaron a crear civilizaciones como la de; imperio Mongol, cuyas grandes y bellas ciudades impresionaron a Marco Polo en el siglo XIII.

LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE 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 las grandes artistas M 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 oscura, 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 uno de los principales científicos de este período histórico. Una de sus mayores contribuciones fue la formulación de un método científico, ampliamente aceptado, para llegar 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."

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. Este 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 (12).

LA INGENIERÍA DEL 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 la química originaron otra revolución industrial a 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 aparatos eléctricos por Edison y del tubo electrónico por DeForest impulsaron el uso de sistemas de potencia y las comunicaciones. Además entró 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.

LA MAGIA DE LA INGENIERÍA

Casi desde su inicio la ingeniería tuvo dos aplicaciones: una de uso cotidiano y una de uso mítico. 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(13).

«Algunas culturas materializan sus conceptos geométricos y matemáticos en obras arquitectónicas monumentales, sobre todo en aquellas obras en que domina un pensamiento mágico, donde el mundo cultural está introducido en el universo natural. Mientras que las construcciones domésticas se hacen con materiales naturales perecederos se da más importancia a la manufactura de objetos que por su significado trascendental tienen la finalidad de que perduren en la muerte. Este parece ser el caso de San Agustín»(14).

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 cretenses, 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. En este contexto se opta

por ejemplos de nuestra cultura aborigen lo que permite explicar más de cerca la dimensión mítica de la ingeniería.

« Entre los kogi, como en la mayoría de las comunidades indígenas, quien detenta la principal jerarquía religiosa, el mamo, es el depositario del mito en su integridad y del conocimiento en general; se convierte en conservador del orden natural y social a la vez que asume las funciones de arquitecto e ingeniero».

« Sólo el mamo esta capacitado para innovar la técnica constructiva y teorizar acerca de ella, mientras conserva el velo del mito pues sin él se rompería el equilibrio ecológico del habitat».

«La relación mito-rito-construcción, por analogía, se puede traducir así teoría-técnica-aplicación, salvando las características propias de cada disciplina y considerando el papel de la experiencia en la formulación teórica» (15).

Así se entienden afirmaciones como las de Llanos: « Para poder identificar una cultura y posteriormente conocer su actuación histórica con sus transformaciones, tenemos que aproximarnos a sus modelos conceptuales que están contenidos en sus asentamientos domésticos cotidianos (poblados, viviendas, campos de cultivo, talleres, caminos, etc.), y a sus modelos milicos por intermedio del conjunto de signos plasmados de manera articulada en sus objetos mágicos, hechos en arcilla, piedra, metal o cualquier otro material».

«Pero los objetos y elementos arqueológicos no se encuentran descontextualizados ni desarticulados, sino que por el contrario éstos pertenecen a espacios culturales, a espacios arquitectónicos [e ingenieriles] cotidianos y milicos. Si al menos identificamos estos modelos arquitectónicos, logramos identificar sus pautas de asentamiento, y por tanto conocer el nivel de complejidad social, política, económica y mágica alcanzado por la cultura que investigamos.» (11).

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.

Pero, como anota Patiño, «Un recurso puede existir al alcance y no ser aprovechado. las razones son varias, pero se pueden reducir a dos: Que no se conozcan las propiedades de las cosas o que se formen tabúes sobre lugares, minerales, plantas o animales, que impiden usarlas a pesar de su presencia. La posesión de técnicas no quiere decir que sean o puedan ser siempre utilizadas» (17).

Se encuentra aquí una primera discrepancia 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 ¡limitadas, 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 jugado 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.

Una culminación de ello es, sin duda, la catedral gótica, cuyo contenido esotérico ha descrito tan bien Fulcanelli cuando dice: «Es asilo inviolable de los perseguidos y sepulcro de los difuntos ilustres. Es la ciudad dentro de la ciudad, el núcleo

intelectual y moral de la colectividad, el corazón de la actividad pública, la apoteosis de pensamiento de saber y del arte».

«Por la abundante floración de su ornato, por la variedad de los temas y las escenas que la adornan, la catedral aparece como una enciclopedia completa y variada -ora ingenua, ora noble, siempre viva- de todos los conocimientos medievales. Estas esfinges de piedra son, pues, educadoras, iniciadoras primordiales... El arte y la ciencia, concentrados antaño en los grandes monasterios, escapan de laboratorio, corren al edificio, se agarran de los campanarios, a los pináculos, a los arbotantes, se cuelgan de los arcos de las bóvedas, pueblan los nichos, transforman los vidrios en gemas preciosas, los bronceos en vibraciones sonoras, y se extienden sobre las fachadas en un vuelo gozoso de libertad de expresión... nada más cautivador, sobre todo, que el simbolismo de los viejos alquimistas, hábilmente plasmados por los modestos escultores medievales...» (18).

Aunque la descripción alquímica de Fulcanelli escapa a la brevedad de estas notas, no puede dejar de recalcarse esta evidente relación entre la obra de ingeniería y la obra hermética, porque las maravillas de la Edad Media contienen la misma verdad, el mismo fondo esotérico, que las pirámides de Egipto, los templos de Grecia, las catacumbas romanas, las basílicas bizantinas. Y ese es el alcance del libro de Fulcanelli, que se expresa así sobre el término gótico:

«La explicación del término Arte gótico debe buscarse en el origen cabalístico de la palabra... arte gótico no es más que una deformación de argótico. la catedral es una obra de art goth, es pues, una cábala hablada...» (19)

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 sería 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 (20).

Los sueños del hombre, los que lo 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 asexuada, 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, Por el 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 hacer 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 Icaro, en lo que representan Bochica y Chimizapagua, para apreciar la dimensión

mífica 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 milicos 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.

LA INGENIERÍA Y EL ARTE

A partir de lo expuesto hasta aquí es posible tener una visión de la evolución de la ingeniería, desde el técnico-sacerdote primitivo, que oficiaba en el mito, hasta el ingeniero tecno-científico de la actualidad. Sin embargo, hay una cualidad básica que se encuentra en todo ingeniero: es primero que todo una persona pragmática que se echa a cuestras los problemas de la civilización y los resuelve. Hace su trabajo, eficientemente, aunque puede alcanzar la meta por muchos caminos. Paradójicamente, este ser humano práctico puede ser un visionario que sueña con la mejor manera de hacer su trabajo; que usa su ingenio creativo para establecer sistemas completamente nuevos o aplica un viejo método de manera nueva e imaginativa. la ingeniería aúna «la imaginación y la razón, la vigilia y el sueño febril, la fantasía y el cálculo de las cosas en su justa medida y resistencia» (21).

Es claro que la evolución de la manufactura y la ingeniería, corre pareja con la evolución del arte, como se ha observado a través de la prehistoria y de la historia. El examen de la técnica empleada en la manufactura de utensilios y objetos, permite reconocer su desarrollo, de una manera paralela a la decoración de los mismos, pues aparecen con motivos geométricos, zoomorfos, antropomorfos, esqueimorfos, hasta convertirse en sus últimas modalidades, en representaciones

simbólicas de carácter mítico, o en bellas estilizaciones estéticas." la realidad se convierte en espíritu, el arte la eleva a símbolo inmaterial, la dota de aliento y sentido espiritual. la libera de su condición perecedera para vestirla de eternidad. El arte presenta un mundo distinto, prodigioso y Mágico (23).

Mágico y turbador porque toda obra de arte participa de una doble esencia que es su núcleo básico y que parece, sin embargo, contradecirse y anularse. Por un lado, toda creación artística pertenece al mundo de lo irreal. la obra de arte está fuera de este mundo en sus lazos físicos, está exenta de servidumbres humanas. Pero, de otro lado, una obra de arte participa de lo real en la medida en que fue creado por la doble realidad de su creador y de la naturaleza que sirvió de modelo o de inspiración. Lo mismo ocurre con el ingeniero y sus obras.

Lo importante es señalar que todas las proyecciones de los ingenieros, realizables o no, no son obras de la imaginación febril o de una musa especial. Si ciertas construcciones como la Muralla China, la Torre de Londres, la Torre Eiffel, la Estatua de la libertad o el Coliseo de Roma y ciertos ingenios mecánicos como el automóvil, el buque, el avión o el transbordador espacial, son bellos cuando su tipo está bien establecido y todas sus partes estrictamente concebidas de acuerdo con su uso en el todo, es porque la ley de la utilidad recubre y encarna aquí otra más profunda, la de la armonía matemática, y, en general, la de la lógica. Esta última es la que proporciona el valor estético de lo útil y la lógica desborda lo útil. Por eso la ingeniería ha producido las maravillas que se han mencionado a lo largo de este trabajo. Su función se declara en la maravilla del doble ejercicio de la practicidad; de cosa que sirve -o sirvió- como instrumento de utilidad y como cosa que sirve y servirá como instrumento del sentir. (24)(25). El uso de la razón áurea como proporción estética, de profunda raíz matemática, es una muestra, apenas, de la unión entre lo preciso y lo bello (26).

Es apenas natural que el ingeniero y el artista, como creadores, afloren en la misma persona. En las «Vidas» recogidas por Vasari, el famoso tratadista florentino del siglo XVI, se habla de la inventiva de ingenieros que son a la vez

pintores, escultores y arquitectos. Baste recordar a Leonardo, a Miguel Angel, a Juan y Andrea Pisano, a Filippo Brunelleschi y a Alberti Bramante. Pero no sólo en el Renacimiento puede verse la combinación de artista e ingeniero, en todas las épocas y lugares se ha dado. Entre nosotros se puede recordar a ingenieros como José María Villa, Tulio Ospina, Gabriel Montoya, Efe Gómez, Pepe Mexía, Francisco Rodríguez Moya, León de Greiff o Pedro Nel Gómez y relacionar la multiplicidad de sus obras con su profesión.

la ingeniería ha contribuido al aumento de la producción y el goce de la belleza, el progreso del conocimiento y la elevación de la justicia social. la ingeniería ha hecho posible muchos edificios hermosos, puentes y otras estructuras, aunque un avance en la construcción no garantiza en sí una estructura bella. Como un ejemplo de muchos, la introducción del arco de punto y el arbotante hizo posible las catedrales góticas de gran belleza.

Y fueron también los artistas los principales constructores del Renacimiento y su relevancia social y humana no ha disminuido en nuestra época. Pero ahora lo que se observa son dos grandes grupos separados por una ancha zona. De un lado, la minoría que hace y comprende el arte. Del otro, los que ni lo hacen ni lo comprenden. Los entendidos y los desentendidos. Estos últimos incluyen a la inmensa mayoría del mundo del Trabajo, de la Ciencia y de la Tecnología. los artistas contemporáneos, se apartaron aún más que los científicos de las preocupaciones de la sociedad. Hasta este siglo, la mayoría de los artistas eran individuos integrados, los que hemos venido mencionando. Pero los artistas de; siglo XX parecen haber adoptado el eslogan de Schönberg: **Sí es arte no es para todos; sí es para todos no es arte.** Es cada vez más difícil para un artista ser considerado muy bueno y ser al mismo tiempo muy popular.

Por todo lo anterior cobra importancia la dimensión artística de; ingeniero, como hombre pragmático y al mismo tiempo visionario, capaz de aunar lo útil con lo estético, aproximando estos dos ángulos a la sociedad. La comunicación de la experiencia estética es parte integrante de la creatividad artística.

Cuando la ingeniería ayuda a recuperar la importancia social de; arte y la ciencia, pilares de nuestra cultura, está expresándolas de manera racional y concreta y coadyuva en la continua evolución de nuestra civilización.

Vistas bajo la anterior perspectiva, se pueden multiplicar los elogios sobre tantas creaciones de los ingenieros, con su contenido de belleza. No hay necesidad de pensar en las Siete Maravillas de; mundo antiguo -que eran obras de ingeniería -, más cerca podemos reflexionar sobre las murallas de Cartagena, la iglesia de las Lajas, el puente de Occidente, el edificio inteligente de las Empresas Públicas de Medellín, el arte por computador, el último modelo de auto, los ingenieros que vaciaron los caballos de Arenas, las gordas de Bolero o el Sembrador de Estrellas...

REFERENCIAS

1. SHELTON K., Richard et al, Engineering in history, Dover, New York, 1990, p. 2.
2. SARTON, George, The history of science and new humanism, Harvard University Press, Cambridge, 1937,p. 52.
3. POVEDA R., Gabriel, Ingeniería e historia de las técnicas, vol. I, Colciencias, Bogotá, 1993, p. 13.
4. The New Encyclopaedia Britannica, «Engineering», Macropaedia, vol 18, 15th ed., Chicago, 1993,p.414.
5. BEAKLEY, George C. and H. W. Leach, Engineering. An introduction to a creative profession, The Macmillan Company, New York, 1987.
6. FURNAS, C. C. and J. McCarthy, The engineer, Time, New York, 1966.
7. EHINNERY, John R., The world of engineering, McGraw Hill, New York, 1985.

8. FRANZ, Georg, Las transformaciones en el mundo mediterráneo, Siglo XXI, México, 1980.
9. VITRUVIUS R, Marcus, On architecture, Putnam's and sons, New York, 1934.
10. HARVEY, John, The Gothic World 1100- 1600, B. T. Batsford, London, 1970.
11. BERG, Maxine, La era de las manufacturas 1700-1820, Editorial Crítica, Barcelona, 1987.
12. CAZADERO, Manuel, Las revoluciones industriales, Fondo de Cultura Económica, México, 1995.
13. O'DEA, William T., The meaning of engineering, Museum Press, London, 1961.
14. LLANOS V., Héctor, «Espacios míticos y cotidianos en el sur del Alto Magdalena Agustino», Ingeniería prehispánicas, FEN, Bogotá, 1990.
15. SALAZAR, luz Amanda, En los orígenes de la ingeniería Colombiana, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1988, p. 41.
16. LLANOS V., Héctor, «Algunas consideraciones sobre la Cultura de San Agustín: Un Proceso histórico Milenario en el Sur del Alto Magdalena de Colombia», Soleffin Museo del Oro, Banco de la República, No 22, Bogotá, 1988, p. 83.
17. PATIÑO, Víctor Manuel, Historia de la cultura material en la América equinoccial, Tomo V, Tecnología, Instituto Caro y Cuervo, Bogotá, 1992.
18. FULCANELLI, El misterio de las catedrales, Plaza & Janés, Barcelona, 1969, p. 57.
19. FULCANELLI, Oo. Cít., p. 63.

20. CLARET Z., Alfonso, «Una apreciación evaluativa de la Edad Media desde el punto de vista de las ciencias», Seminario Historia de las Ciencias, Facultad de Educación, Universidad del Valle, 1984.

21. CASTRO A., José de, «La ingeniería y el arte de los ingenieros», Revista de Obras Públicas, Octubre 1975, p. 735.

22. CEBALLOS N., Roque J., «Antecedentes sobre el arte y la manufactura indígenas», América Indígena, vol V, No. 1, Enero 1948, p. 57.

23. ACASO, Francisco, «Arte y ciencia en la encrucijada de nuestro tiempo», Cuadernos del Idioma, Vol 3, No 11, Junio 1969, p. 25.

24. VALENCIA G., Asdrúbal, «Ingeniería y Sociedad», Agenda Cultural U. de A., No 9, Feb. 1996, p.2.

25. CASTRO A., J., Op. Cít., p. 736

26. MENCO M., José T. «Acerca de la razón áurea». Informetal No 47,