

Aportes y perspectivas de la ingeniería en el desarrollo humano en Colombia, en el devenir de los últimos 200 años

Contributions and Perspectives of Engineering in Human Development throughout the Past 200 years in Colombia

RUBÉN DARÍO LONDOÑO PÉREZ*

RESUMEN

Dentro de la celebración del bicentenario de la independencia de Colombia, este trabajo busca presentar un aporte sobre la historia de la ingeniería en Colombia. El recuento inicia con albores de la humanidad y el papel de los instrumentos en la solución de diferentes necesidades, deseos y creencias. Se busca destacar cómo la resolución de los problemas de transporte y comunicación revolucionaron los centros de enseñanza y acercaron al país con el conocimiento científico y técnico. Y ahora constituyen un motor del desarrollo económico y el bienestar social del país. Se concluye con la importancia fundamental en el desarrollo futuro; pero asumiendo los retos de la sostenibilidad ambiental y social de nuestra sociedad.

Palabras clave: historia de la ingeniería, Colombia, ingeniería en Colombia.

ABSTRACT

This paper aims to contribute to the history of engineering in Colombia within the framework of Colombia's Bicentennial Independence Day's Celebration. The chronicle begins with the dawn of humanity and the role of tools in solving different needs, desires and beliefs. The purpose is to highlight the way that the solution of transportation and communication problems has revolutionized teaching institutions, thus providing the country with scientific and technical knowledge. These institutions are now the driving force in the country's economic development and social well-being. The article concludes with the fundamental importance in future development, but assuming the environmental and social sustainability challenges of our society.

Keywords: history of engineering, Colombia, engineering in Colombia.

FECHA DE ENVÍO: 29 DE JULIO DE 2010 • FECHA DE ACEPTACIÓN: 19 DE NOVIEMBRE DE 2010

*Ingeniero geógrafo, especialista en Estudios Rurales y magíster en Ingeniería Ambiental. Profesor asistente del Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Correo electrónico: rlondono@unisalle.edu.co.

Presentación

El presente constituye un pequeño aporte al conocimiento de la historia de la ingeniería en Colombia, sintetizada en unas pocas páginas y como producto de una juiciosa, aunque no exhaustiva revisión bibliográfica sin pretensiones historiográficas. Se realizó como respuesta a la gentil invitación cursada por la Vicerrectoría Académica a instancias de la Decanatura de Ingeniería para participar en la Cátedra Lasallista 2010, la cual fue consagrada a la celebración del bicentenario de la independencia de Colombia: *Miradas sobre el bicentenario: preguntas sobre el desarrollo humano en el devenir de doscientos años*. La denominación formal de la versión 2010 de la cátedra de por sí genera un gran reto y un compromiso que difícilmente en estas cortas líneas se puede ver satisfecho.

Concepto y breve historia de la ingeniería

El concepto de ingeniería en apariencia es único. No obstante, la lectura de documentos, así como elucubraciones propias, conduce a pensar que se trata de un término polisémico. Existen tres elementos sobre los cuales se puede construir un concepto ecléctico. Éstos son su sentido etimológico, su praxis (formalidad) y el contexto en el cual se le define. La palabra ingeniería se deriva del latín *ingeniosus* (ingenio) que significa cualidad de los seres humanos para crear, pensar o sobrevivir. En sentido formal, “[...] la ingeniería es una profesión en la cual se aplica el conocimiento de las matemáticas y las ciencias naturales con discreción y juicio, a fin de aprovechar económicamente los materiales y las fuerzas de la naturaleza en el beneficio de la gente” (Wright, 2007).

Desde el punto de vista del contexto, al menos en nuestro país, el concepto de ingeniería adquiere connotaciones diferentes, en la medida en que se le asocia a un área del conocimiento (por ejemplo, ingeniería eléctrica, ingeniería geográfica, ingeniería química) o a algún objeto en particular (ingeniería de minas, ingeniería industrial, ingeniería de petróleos y otras) y su definición queda ligada a ellos (Poveda, 2009).

La ingeniería es el acicate del desarrollo tecnológico. Hay desarrollo tecnológico porque hay ingeniería para su aplicación práctica y hay ingeniería porque la tecnología evoluciona y, así, entre tecnología e ingeniería se sientan bases para el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos.

A manera de corolario y en forma muy sencilla, se puede decir que la ingeniería es la profesión que utiliza conocimientos de ciencia y tecnología para la resolución de problemas sentidos por la humanidad.

No obstante lo anterior, resulta interesante invocar un concepto de ingeniería, de amplia aceptación en nuestro medio, el cual tiene un elemento importante en el análisis central de este escrito como es la relación seres humanos-naturaleza, ya que no pocos consideran que la ingeniería fue uno de los medios para someter a la naturaleza y ponerla al servicio del hombre. He aquí dicho concepto:

Conjunto de conocimientos teóricos, de conocimientos empíricos y de prácticas que se aplican profesionalmente para disponer de las fuerzas y de 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. (Poveda, 1993)

En la práctica, la ingeniería nace con la revolución agrícola, es decir, cerca del año 8000 a. C., cuando los hombres dejaron de ser nómadas y decidieron nuclearse para protegerse de la intemperie y, adicionalmente, poder cultivar sus productos y criar animales comestibles.

Hacia el año 4000 a. C. se conformaron los primeros asentamientos humanos nucleados alrededor de los ríos Nilo, Tigris, Éufrates e Indo, los cuales requirieron de grandes muros para proteger las ciudades y los cultivos. La ingeniería ya se aplicaba para la construcción, la protección y la construcción de sistemas de irrigación para la obtención de cosechas. Esta ingeniería era impulsada por una fuerza militar que desplegaba su ingenio para concebir formas de proteger tanto las ciudades, como los cultivos. La primera gran obra de ingeniería corresponde a la pirámide de peldaños en Saqqarah, Egipto, construida por Imhotep (considerado el primer ingeniero conocido) hacia 2550 a. C.

De manera formal, los inicios de la ingeniería están asociados a la Revolución Industrial, la cual se ubica en un periodo comprendido entre la segunda mitad del siglo XVIII y principios del XIX. En éste, con el liderazgo de Inglaterra,

Europa continental experimenta un gran número de transformaciones socioeconómicas, tecnológicas y culturales de la historia de la humanidad, desde el mismo neolítico.

Los sistemas productivos, anteriormente sustentados en el trabajo manual, hicieron tránsito a la industria y a la manufactura. La Revolución comenzó con la mecanización de las industrias textiles y el desarrollo de los procesos del hierro. El mejoramiento de las rutas de transporte para el intercambio de mercancías favoreció el comercio y la posterior creación del ferrocarril. Las innovaciones tecnológicas más importantes fueron la máquina de vapor y la denominada *Spinning Jenny*, una potente máquina utilizada en la industria textil. El perfeccionamiento de la maquinaria de la industria textil impulsó, de igual manera, la creación de nuevas máquinas para otras industrias. Al término de la segunda década del siglo XIX, la producción, ya diversificada, se incrementó notablemente por la posibilidad de producir en serie, en grandes cantidades y en periodos cada vez más cortos:

Como resultado de este proceso de industrialización acelerado y coadyuvado por la creación de la primera escuela en Francia, la ingeniería comienza a perfilarse como profesión, ya que para el desarrollo de obras (construcciones y vías, fundamentalmente), se requerían destrezas y habilidades especializadas.

A comienzos del siglo XIX, Estados Unidos incursiona en el gran proceso de la Revolución Industrial y comenzaron a hacer aportes sustantivos a la tecnología moderna en la industria textil, las máquinas herramientas, el armamento, los puentes de acero, los grandes edificios, la aviación y otros campos:

En agosto de 1814, en Medellín, se creó la Academia de Ingenieros Militares, que operó hasta 1815, dirigida por Francisco José de Caldas. Esta fue la primera Escuela Colombiana de Ingeniería. Entre 1837 y 1840 se creó la cátedra de química y mineralogía en el Colegio Académico para apoyar la minería. En 1856, en el Colegio se propuso crear una escuela de ingeniería y en 1857 podía expedir el título de ingeniero civil, aunque no tenía los estudios formales. Cuando en 1871 se creó la Universidad de Antioquia una de las facultades fue la de ingeniería, abierta el 10 de enero de 1872, con 14 estudiantes; en 1874 se hizo efectiva la creación de la Facultad y en 1875 sus alumnos realizaron un mapa topográfico de Medellín. En 1876 la Universidad se cerró por la Guerra Civil, muchos de sus alumnos fueron al campo de batalla, y en 1877 se supri-

mió la Facultad de Ingeniería. En 1886 se crearon dos escuelas de minería, una en Medellín y otra en Ibagué. En 1887 se suspendió la de Ibagué y quedó sólo la de Medellín, que se llamó Escuela Nacional de Minas, independiente de la Universidad de Antioquia pero fue continuación de su Escuela de Minería. Luego de sortear serias dificultades que obligaron la interrupción de actividades, en 1908 se graduaron los primeros ingenieros de minas de la Universidad de Antioquia. (UDEA)

El trabajo artesanal en procesos constructivos, prácticamente se extiende hasta la Segunda Guerra Mundial y, en ella, ya aparecen planos y especificaciones constructivas. Las edificaciones incluyen ahora tuberías, ductos, alambrados y, al ingeniero civil (anterior ingeniero militar), se le suma el ingeniero mecánico (Valencia, 2009).

Después de la Segunda Guerra Mundial, la profesión se consolida aún más gracias a una clara fundamentación científica. Se incorporan las ciencias exactas y naturales, se desarrollan las llamadas ciencias de la ingeniería, como la hidráulica, la resistencia de materiales y las estructuras, entre otras.

A la ingeniería civil le suceden la ingeniería mecánica, eléctrica, química, industrial, de producción, de sistemas y otras más. De esta manera, los planos y las especificaciones constructivas se desarrollan de manera copiosa y con mayor rigor y empiezan a aparecer las redes electrónicas en los edificios. Los programas para computador irrumpen con gran despliegue y se facilita la integración de personas, grupos de trabajo y empresas que geográficamente se encontraban dispersas antaño.

En el periodo comprendido entre la mitad del siglo XIX y la mitad del siglo XX, los ingenieros colombianos participaron activamente en el desarrollo minero e industrial del país, así como en la construcción y mantenimiento de su infraestructura de transporte, servicios públicos y telecomunicaciones (Poveda Ramos, 1993).

Hitos de la ingeniería en el país

Para la reseña de los hitos más importantes de la ingeniería en Colombia, se han seleccionado los temas relacionados con infraestructura física (transporte) e infraestructura social, al considerar que ellas son determinantes del proceso

de transformación del territorio nacional, dentro del desarrollo que ha tenido a partir de la época republicana.

La ocupación del territorio con fines productivos genera la necesidad de infraestructura para proveer acceso a los recursos y en la medida de las exigencias de una mayor población y la diversificación de las necesidades, se generan relaciones entre la accesibilidad, los medios de transporte, el uso del suelo y su expansión (Romero, 1998). En este sentido, se destacan dos obras de infraestructura que señalaron el camino de la ingeniería en Colombia, a saber: el Puente de Occidente en Santafé de Antioquia y el Canal de Panamá (descontado el proceso de Secesión del istmo).

La construcción del Puente de Occidente en Santafé de Antioquia entre 1887 y 1895, la cual fue dirigida por el ingeniero José María Villa, quien trajo la experiencia al país, después de haber participado en la construcción del puente de Brooklyn (1887-1883). El Puente de Occidente es Monumento Nacional.

El Canal de Panamá fue dado al servicio en 1914. El proyecto inicial se gestó en Francia en 1879 y su diseñador (Ferdinand de Lesseps), lo diseñó inicialmente sin esclusas. Modificado el proyecto, el canal comenzó a construirse en 1981 y, en 1988, se suspendieron las obras por problemas de financiación. En 1904, bajo el control de Estados Unidos, las obras se reiniciaron y fueron concluidas en 1914.

Infraestructura de transporte

El ferrocarril

El ferrocarril de Bolívar (1869-1873). Fue el primero que se construyó en nuestro país después del de Panamá. Inicialmente se denominó Ferrocarril de Barranquilla, pues unía esta ciudad con Puerto Colombia. Su construcción se inició en 1869 y dos años después llegó a Puerto Salgar. En 1873, la nación lo adquirió y luego lo prolongó hasta Puerto Colombia, trabajo que incluyó la construcción del muelle de ese puerto. En 1936 se levantaron sus rieles al ponerse al servicio de Bocas de Ceniza (Biblioteca Luis Ángel Arango, Banco de la República). Hacia finales del siglo XIX ya se contaba con más de 600 kilómetros en servicio. En 1914 ese kilometraje se duplicó y, en 1922, también logró duplicarse y ya en 1934 los ferrocarriles tenían 3.262 kilómetros en servicio. Infortunadamente, en esa misma década se inició su desmantelamiento que se continuó por los siguientes cuarenta

años y llevó a que los ferrocarriles desaparecieran prácticamente como medio de transporte público de pasajeros y de carga.

Las vías terrestres

Una de las primeras carreteras que se construyó en Colombia fue la de Cúcuta-Los Cachos, sobre el río Zulia, entre 1865 y 1875. “Desde este último año, a raíz del terremoto que asoló a la ciudad, entró al servicio a pesar de no estar terminada. Esta carretera fue luego sustituida por un ferrocarril” (Patiño, 1993, s. p.). Le sucedieron el Carreteable de Cambao en 1882 con 96 km de longitud. Sirvió, a la postre, para introducir los elementos del Ferrocarril de la Sabana. La carretera Cali-Cartago, la cual fue construida entre 1910 a 1920. Durante el primer cuarto del siglo XX, el servicio de vapores entre Juanchito y La Virginia interconectaba los pueblos del Valle en sentido sur-norte. La vía La Quebra, construida entre 1918 y 1919, la cual sirvió para unir los tramos del ferrocarril de Puerto Berrío a Medellín en una extensión de 27 km:

Para 1930, Colombia tenía construidos 9.365 kilómetros de la Nación, 21.633 de los departamentos y 76.617 de los municipios, con un total de 107.615 km. En esa época, los departamentos de Antioquia, Boyacá, Bolívar, Cauca y Magdalena, en su orden, tenían más de 10.000 kilómetros de carretera cada uno, incluyendo las nacionales, departamentales y municipales. Pero de ese total, sólo 2.642 km de carreteras nacionales y 3.101 kms. [sic] de carreteras departamentales, permitían el tránsito de automóviles. (Ortega Díaz, 1932, III, pp. 338-339).

A principios del siglo XX, el presidente Reyes construyó la que puede considerarse como la primera carretera moderna, por donde corrió el primer automóvil de Bogotá a Santa Rosa de Viterbo en Boyacá, patria chica de Reyes (Lemaitre; 1981, 310). En el periodo 1920-1930 se pagó la indemnización americana por el zarpazo de Panamá, con la cual se impulsaron los ferrocarriles que estaban sin terminar, y en que hubo mucho desperdicio (Hartwig, 98-99, 101-102).

En el periodo de 1930 a 1946, el sistema de carreteras creció de 5.743 a 17.900 km, aunque no de alta calidad. En 1938, el ministro Abel Cruz Santos presentó un plan de pavimentación, pero cuatro años más tarde sólo había 391 km con cubierta asfáltica, y de éstos sólo 235 petrolizados. (Ortega Díaz, 1932, III, pp. 105-111)

Las primeras carreteras se construyeron a comienzos de la segunda década del siglo XX. En 1925 existían aproximadamente 3.400 kilómetros de los cuales una cuarta parte estaban pavimentados. En cada una de las décadas de los años treinta y cuarenta se construyeron casi 10.000 kilómetros más. Hacia la mitad del siglo XX, existían 20.000 kilómetros de carreteras.

El cemento para concreto armado en vías y obras accesorias, se empezó a usar en Europa antes de 1914 con máquinas mezcladoras. En Colombia, el cemento parece haberse usado primero en los puertos de Barranquilla (1923) y en el muelle de Buenaventura (1921) por firmas extranjeras (Organización Internacional del Trabajo, 2000).

Actualmente y, de acuerdo con cifras del Ministerio del Transporte, en Colombia hay 160.000 kilómetros de carreteras, de las cuales están pavimentadas sólo el 15% (Gallego, entrevista para RCN, 2009).

La ingeniería química

Hacia 1886, comerciantes y empresarios, empeñados en la creación de una industria nacional, consideran que el país necesita profesionales especializados, particularmente en el área de la ingeniería química. Del esfuerzo de tales empresarios, nace en ese mismo año la Escuela Nacional de Minas en Medellín y, en 1943, la Escuela de Técnicos de Bavaria. Aprovechando las rutas del comercio y el emplazamiento de centros urbanos que funcionaban como centros de acopio y de intercambio de mercancías, la iniciativa de crear una industria nacional se expandió a la región antioqueña (Medellín y el ingeniero de minas), región central (Bogotá y el técnico cervecero), región occidental (Cali y los ingenios azucareros) y región Caribe (Barranquilla y los astilleros).

Tal situación convirtió, a la postre, a comerciantes y empresarios navieros en industriales. Se fortalecieron las empresas pioneras y se impulsó el desarrollo de infraestructura en vías de comunicación, la industria petroquímica, la producción de bienes de consumo y el crecimiento económico, en general, con una fuerte participación de la ingeniería civil.

En 1909 se creó la primera planta productora de cemento. No obstante, la demanda interna era atendida fundamentalmente por las importaciones provenientes de

Estados Unidos y Dinamarca y, a partir de 1930, la industria se vigoriza y se expande hacia las zonas en donde el impulso de la construcción así lo exigía (región Andina y región Caribe).

En 1921 se construyó la Refinería de Barrancabermeja y, de igual manera, fue construido el primer oleoducto que transportaba crudo hasta la costa Caribe colombiana. Entre 1929 y 1932, el país registró un crecimiento industrial en diversos sectores como el de alimentos, las grasas industriales, los materiales de construcción, los artículos de caucho, el metalmecánico, la siderurgia y la maquinaria agrícola. Esta expansión industrial se amplió aún más en la década de los años cuarenta y con ella la demanda por los conocimientos de los ingenieros.

Después de la Segunda Guerra Mundial se da impulso a la producción de bienes intermedios. La creación del Instituto de Fomento Industrial (IFI), en 1940, impulsa la fundación de empresas dedicadas a actividades extractivas y a la transformación de materias primas nacionales. En este periodo surgen Acerías Paz del Río (1954), Sulfácidos S.A., Siderúrgica de Medellín S.A., Compañía de Taninos del Chocó, Compañía Colombiana de Levaduras, Icollantas e Industrias del Mangle S. A. (CPIQ).

A este periodo pertenecen también los Distritos de Riego de los ríos Saldaña y Coello, la construcción del Ferrocarril del Magdalena (iniciada en 1953 y terminada en 1961), el ensanche de Ecopetrol, el sólido desarrollo de la petroquímica, la instalación de varias fabricas modernas como la de papel a partir del bagazo de la caña en Cali, la diversificación de la industria metalmecánica, la creación de ISA y la interconexión de los grandes centros de producción y consumo de energía eléctrica, la construcción de las grandes centrales hidroeléctricas de Chivor y Guatapé, el puente sobre el río Magdalena en Barranquilla, el mejoramiento de la red vial preexistente y el ensamble de vehículos.

Energía eléctrica y telecomunicaciones

En cuanto a telecomunicaciones, en 1865 se instaló el servicio telegráfico en Colombia. En 1884, ocho años después de que Graham Bell inventara el teléfono, se empezaron a instalar las primeras líneas telefónicas en Bogotá. En 1913 se inició la radiotelegrafía (telegrafía sin hilos). En 1923 se instaló la primera estación internacional en Bogotá. En 1945 se crea la Empresa Nacional de Radiocomunicaciones

y se ampliaron los servicios a diversas poblaciones del país. Este esfuerzo se continuaría por parte de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones (Telecom), creada en 1950.

Con relación a la energía eléctrica, Bogotá ha contado con energía eléctrica desde 1890, apenas ocho años después de Nueva York; le siguieron Bucaramanga, Barranquilla, Cartagena, Santa Marta y Medellín. En 1932 se inauguró la primera gran central hidroeléctrica, la de Guatapé para Medellín.

Concepto de desarrollo

El término de *desarrollo* adquiere diferentes acepciones en función del contexto disciplinar, paradigmático o ideológico en que sea considerado. En esencia, el concepto de desarrollo es único y comprende crecimiento físico con bienestar y elevado nivel de vida de las comunidades humanas agrupadas en organizaciones sociopolíticas (v. g. países, regiones, municipios), entendiéndose que en él subyace un principio de equidad que no privilegia sólo el desarrollo de los espacios, sino también el del ser humano en su espacio.

Lebret y Perroux plantearon hace más de cuatro décadas que “sólo se puede hablar de desarrollo si se satisfacen las necesidades fundamentales de la sociedad, incluyendo la educación, necesidades culturales, espirituales, etc.” Es decir, que sólo concebían el desarrollo en la medida en que esté incluido el ser humano en todas sus dimensiones.

Desde un punto de vista eminentemente ecológico, el desarrollo sostenible se percibe como la interrelación entre los sistemas económicos altamente dinámicos y los sistemas ecológicos menos cambiantes, en la cual:

- La vida humana pueda continuar indefinidamente.
- Los seres humanos como individuos, puedan desarrollarse.
- Sobrevivan las particularidades culturales de las sociedades.
- Los efectos de las actividades humanas se mantengan dentro de unos límites que no permitan la destrucción de la diversidad, complejidad y funcionamiento de los sistemas ecológicos soportes de la vida.

En síntesis, para que el desarrollo sea sostenible, debe ser concebido como un proceso multidimensional e intertemporal en el cual la trilogía equidad, competitividad y sostenibilidad se sustentan en principios éticos, culturales, socioeconómicos, ecológicos, institucionales, políticos y técnico-productivos. Lo cual significa, en la práctica, que las decisiones que se tomen para llevar a cabo este desarrollo deben ser apropiadas desde el punto de vista tecnológico, viables desde el punto de vista económico, y socialmente aceptables.

De acuerdo con lo anterior y, a la luz de la definición de desarrollo sostenible planteada en el Informe Brundtland¹, se ratifica que el crecimiento económico y el uso racional de los recursos naturales y el medioambiente están vinculados y, por esta vía, lo que la Comisión hizo fue una convocatoria amplia a todos los países del mundo para manejar una nueva ética, por cuanto a lo largo de la humanidad, el desarrollo ha estado sustentado en dicha relación.

Agregarle adjetivos al concepto del Informe Brundtland parece, en consecuencia, inoficioso. Hay que darle aplicación y desarrollo en la realidad objetiva y trabajar en procura del desarrollo sostenible que, para el caso colombiano, está sustentado de manera obligada en las relaciones hombre-naturaleza.

No obstante el discernimiento anterior, es necesario aclarar que la Universidad de La Salle ha hecho su apuesta al Desarrollo Humano Integral y Sustentable (DHIS) y que en este mismo marco es que proyecta la formación de los ingenieros del futuro. Para la Universidad de La Salle:

[...] el desarrollo humano integral y sustentable implica que el respeto y defensa de la dignidad de la persona es el centro de los procesos de desarrollo social, científico y cultural tanto para las presentes como para las futuras generaciones. Como referente, que debemos preservar y reforzar, entendemos que nuestra misión se articula en torno al desarrollo con las siguientes características: socialmente participativo, culturalmente apropiado, técnicamente limpio, eco-

¹ Informe socioeconómico elaborado por distintas naciones en 1987 para la ONU, por una comisión encabezada por la doctora Gro Harlem Brundtland (Primera Ministra de Suecia). Originalmente, se llamó Nuestro Futuro Común (*Our Common Future*). En este informe se utilizó por primera vez el término *desarrollo sostenible* (o *desarrollo sustentable*), definido como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones. Implica un cambio muy importante en cuanto a la idea de sustentabilidad, principalmente ecológica, y a un marco que da también énfasis al contexto económico y social del desarrollo (CPIQ).

lógicamente compatible, económicamente viable y sostenible, políticamente impactante, y éticamente responsable y pertinente. (PEUL, 2007)

Independientemente de la postura utilizada para su definición, el ser humano está obligado a satisfacer necesidades vitales tales como alimentarse, vestirse, obtener vivienda, protegerse. Ello supone actuar sobre la naturaleza para producir los medios con los cuales sostener su vida material; debe hacer aparecer algo inexistente de por sí, pero, en los contextos antedichos, lo deberá hacer siempre de manera que se preserve la dignidad humana y se procure el mejoramiento de la calidad de vida de la misma.

El quehacer de la ingeniería

Como se ha visto, el desarrollo de la ingeniería viene acompasado del propio desarrollo de la tecnología. Uno y otro, necesariamente, son el resultado de la Revolución Industrial. Durante este proceso, las nuevas tecnologías sucedieron a las técnicas artesanales preexistentes, basadas en la creatividad y la destreza y apoyada por conocimientos empíricos tradicionales.

La Revolución Industrial, al menos en los países pioneros, impulsó el proceso de urbanización, el cual exigía, en principio, intercomunicación entre las ciudades y sus áreas de influencia y entre las mismas ciudades, para el intercambio de bienes y servicio.

Al concentrarse la población en núcleos urbanos, las demandas por bienes y servicios aumentaron y se diversificaron. Dichas demandas indujeron la creación y desarrollo de diferentes modos de transporte (fluvial, ferroviario, terrestre, marítimo y aéreo). La electricidad, y su obtención a partir de energía hidráulica, fueron fundamentales para el desarrollo de las ciudades. La ingeniería mecánica y la ingeniería química complementaron el quehacer de los ingenieros civiles y contribuyeron al nacimiento y fortalecimiento de industrias clave para el desarrollo de los países.

Ingeniería y tecnología van de la mano. Los avances en una y otra se dan, hoy por hoy, a través de una *simbiosis* inusitada. Los ingenieros de hoy investigan y generan no sólo nuevas tecnología sino también conocimiento. Los científicos ya no son los únicos investigadores. En consecuencia, el quehacer del ingeniero se ha

ampliado y se ha diversificado y, por tanto en la actualidad, tiene injerencia en los siguientes campos:

- Investigación: ampliación de la frontera del conocimiento, creación de técnicas y de nuevas tecnologías.
- Desarrollo: aplicación de nuevos conocimientos, técnicas y tecnologías en hechos y objetos concretos para ponerlos al servicio de la humanidad.
- Diseño: creación de soluciones a problemas sentidos por la humanidad.
- Producción: utilización directa de recursos naturales o a través de procesos de transformación, para la producción de compuestos, materiales, productos y objetos.
- Construcción: transformación de sus propios diseños en realidades.
- Operación: gestión de procesos.
- Ventas: comercialización de servicios, herramientas y productos.
- Gestión: concepción, planificación, ejecución, seguimiento, control y mejoramiento continuos de los procesos a su cargo (constructivos, industriales, de servicios).

Desde otra perspectiva, más ligado al papel histórico de la ingeniería en el desarrollo de la humanidad, hay que concebir al ingeniero como un agente de cambio. Es decir, a él ya no le compete, de manera exclusiva, la aplicación de técnica y tecnología para la materialización de obras u objetos que satisfagan necesidades de la humanidad. Es un ser inmerso en una sociedad que tiene profundas preocupaciones por el futuro ya no de su familia, de su localidad, de su región, de su país, sino del mundo en general.

Su necesaria intervención en procesos conducentes a la creación de nuevo conocimiento, de técnica y tecnología, sin abandonar su papel tradicional de aplicarlos, no constituyen, en el presente, el techo del quehacer del ingeniero. Éste es un profesional que interviene en la definición de derroteros para el desarrollo de la humanidad.

Interviene profundamente en las relaciones sociales y en las relaciones hombre-naturaleza. Dicta políticas, participa en la creación de normas técnicas y legales, dirige organizaciones privadas y públicas, y ejecuta. Su ámbito profesional trasciende muchas áreas del conocimiento y de la vida sociopolítica, económica y cultural de un país. Tiene gran responsabilidad sobre sus hombros: es uno de los pilares para garantizar que el desarrollo sea sostenible. Tiene que armonizar, lo económico con lo social y con lo ambiental. No es un simple desarrollador o desarrollista. Tiene un serio compromiso con la humanidad y con el planeta. El ejercicio de su profesión no puede limitarse a la ejecución de un proyecto o de un proceso de contratación. Debe prever en la planificación de los proyectos, en el diseño de éstos y en su propia ejecución, la corresponsabilidad que existe entre lo económico, lo social y lo medioambiental. Sus decisiones deben ser solidarias con estos principios y, por consiguiente, deben ser ajenas a intereses económicos particulares; éstas deben tener como eje articulador el bienestar de la población, la irrigación de beneficios sociales y el mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

La ética en la ingeniería

Asdrúbal Valencia (1999) afirma:

La ética es fundamental por las consecuencias, cada vez más impactantes, de las decisiones de los ingenieros en cualquier campo, quienes deberán ser capaces de enfrentar el imperativo tecnológico y estar en capacidad de poner la dignidad humana por encima del dios mercado y la voracidad neoliberal.

Cuando se trata de privilegiar uno de los elementos comprometidos en las decisiones, por lo general se busca seleccionar aquel que mayores réditos proporcionan al tomador de decisiones: en lo laboral, en lo comercial, en lo político y en lo económico. Sin embargo, ésta no es ni la lógica ni la ética con las cuales debe actuar un ingeniero.

Así, resulta importante reseñar parte de los *Horizontes de Sentido* del Proyecto Educativo Lasallista, como referentes éticos ineludibles que deben ser resguardados en el ejercicio de la profesión de la ingeniería, haciéndolos extensivos a aquellos ingenieros que no necesariamente fueron formados en las aulas de la Universidad de La Salle, a saber:

a. El sentido de la verdad y el respeto por la autonomía de los saberes. Entendiendo el primero como la búsqueda del significado de la investigación científica y tecnológica, de la convivencia social, de la cultura y del propio ser humano; y el segundo como la promoción de las características y exigencias de las disciplinas y saberes que entran en diálogo en la academia.

b. Solidaridad y fraternidad. Privilegiando lo comunitario antes que lo individualista, el interés público antes que el interés privado, la solidaridad antes que la competencia. Es la preocupación por el otro y la convicción de que una sociedad no puede construirse sin un tejido social donde el desarrollo de todos es la condición para la justicia y la paz.

c. Honestidad y responsabilidad social. Fortaleciendo la convicción de la necesidad de conducir la vida con criterios de honradez y confiabilidad pero también participando en el control de la acción estatal y privada de los recursos públicos. Así mismo, promoviendo el acceso responsable a las decisiones y realizaciones de la comunidad humana en sus diferentes organizaciones, con actitud receptiva y activa, creadora y decisiva, sensible socialmente y propositiva.

d. Respeto y tolerancia. Entendiendo que la convivencia significa mucho más que coexistencia. Es la búsqueda de la posibilidad del crecimiento mutuo, del aporte de todos desde diferentes ópticas al proyecto común; es la condición del diálogo en el que es preciso encontrar las definiciones que estrechan los lazos de personas y pueblos, y que permite la unidad en la diversidad y en la capacidad de interactuar con personas de visiones culturales y creencias distintas (PEUL, 2007).

En un contexto más amplio, debemos reconocer los principios éticos que han de guiar el ejercicio de la ingeniería:

- Los ingenieros deben reconocer que la vida, la seguridad, la salud y el bienestar de la población dependen de su juicio.
- No se deben aprobar planos o especificaciones que no tengan un diseño seguro.
- Se deben realizar revisiones periódicas de seguridad y confiabilidad.

- Prestar servicios productivos a la comunidad.
- Comprometerse a mejorar el ambiente.
- Los ingenieros deben prestar servicios en sus áreas de competencia.
- Deben emitir informes públicos. Se debe expresar la información en forma clara y honesta.
- Deben crear su reputación profesional sobre el mérito de sus servicios.
- No usar equipamiento fiscal o privado para uso personal.
- Acrecentar honor, integridad y dignidad de la profesión.
- Debe continuar con el desarrollo profesional (continuar la educación).
- Apoyar a sociedades profesionales.
- Utilizar el ingenio para resolver problemas.
- Ser consciente de su responsabilidad en su trabajo.
- Debe conocer las teorías científicas para explicar los hechos y actuar sobre ellos.

Retos de la ingeniería

A comienzos del siglo XXI la ingeniería ha logrado explorar los planetas del sistema solar con alto grado de detalle; también ha creado un equipo capaz de derrotar al campeón mundial de ajedrez; ha logrado comunicar al planeta en fracciones de segundo; ha creado internet y la capacidad de que una persona se conecte a esta red desde cualquier lugar de la superficie del planeta mediante una computadora portátil y teléfono satelital; ha apoyado y permitido innumerables avances de la ciencia médica, astronómica, química y, en general, de cualquier otra. Gracias a la ingeniería se han creado máquinas automáticas y semiautomáticas capaces de

producir con muy poca ayuda humana grandes cantidades de productos, como alimentos, automóviles y teléfonos móviles.

Pese a los avances de la ingeniería, la humanidad no ha logrado eliminar el hambre del planeta, ni mucho menos la pobreza, siendo evitable la muerte de un niño de cada tres en el año 2005. Sin embargo, además de ser éste un problema de ingeniería, es principalmente un problema de índole social, político y económico.

Un aspecto negativo que ha generado la ingeniería y compete en gran parte resolverla, es el impacto ambiental que muchos procesos y productos generados por estas disciplinas han producido; por ello es deber y tarea de la ingeniería contribuir a resolver el problema.

El futuro de la ingeniería, necesariamente, está ligado a las tendencias tecnológicas globales y a las demandas de las sociedades humanas contemporáneas. La tecnología electrónica cimentada en el siglo XX se erige como uno de los avances tecnológicos de mayor arrastre para aplicaciones en sectores de la producción y de los servicios. El continuo remplazo de mecanismos por dispositivos cibernéticos seguirá teniendo impacto en la economía, en la industria, en los procesos de manufactura, en la formulación de los perfiles ocupacionales y, en general, en la organización del trabajo (Valencia Giraldo, 1999).

La intercomunicación personal se ve favorecida por tales adelantos tecnológicos; sin embargo, la integración también debe ser física, material. La producción e intercambio de bienes y servicios (cada vez más sofisticados) obliga al ser humano a mantenerse ligado a la oferta natural y a sus posibilidades de aprovechamiento. En este sentido, el deterioro del medioambiente derivado del uso y aprovechamiento de los recursos naturales y el medioambiente, se presenta como un gran reto para la ingeniería del futuro, ya que es su responsabilidad, tratar de revertir sus niveles de degradación para poder seguir haciendo uso de ellos de manera sostenible. Si bien el desarrollo industrial ha transformado la naturaleza en su conjunto, los balances entre ventajas y desventajas a largo plazo comienzan a influir en las alternativas para preservar el medioambiente.

Las anteriores tendencias tecnológicas marcan el derrotero de los ingenieros del siglo XXI. Se prevé que las industrias estarán basadas en el conocimiento, con productos de alto valor agregado, una gran dependencia sobre la aplicación de la

ciencia básica en el desarrollo de productos, y un proceso de desarrollo-diseño-manufactura basado en elevados niveles de simulación y de flujo de información.

Lo anterior no significa que las industrias que tengan que ver con los recursos naturales, la infraestructura y la calidad del ambiente vayan a debilitarse (Valencia Giraldo, 1999). Por su parte y, en lo que respecta a la formación del ingeniero, ésta debe orientarse al fomento de la investigación y de la innovación, con visión global de los problemas y soluciones a su cargo (se puede direccionar en este sentido: actuar en lo local pensando en lo global). Se le debe facilitar su interacción estrecha con la empresa para el direccionamiento específico de sus esfuerzos en materia de ciencia, tecnología e innovación.

El ingeniero del futuro debe ser un humanista por excelencia. Sus actuaciones estarán centradas en el beneficio generalizado de las poblaciones humanas, con un fuerte respeto y consideración por la conservación y preservación del medioambiente, sin que haya detrimento de las aspiraciones económicas de los inversionistas.

De acuerdo con lo anterior, se hace necesario que el ingeniero se vincule aún más con la formulación de política de las diferentes temáticas que atañen al desarrollo humano integral y sustentable. Se le debe exigir un mayor compromiso con la mini, pequeña y mediana industria, así como una decidida participación en el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales que sirven de materia prima para la producción de bienes de consumo o bienes intermedios. En este sentido, está llamado a realizar sus intervenciones y sus proyectos en el marco de una gestión ambiental sistémica, es decir, aquella en la cual se considera al medioambiente como el objeto de la gestión y a los usuarios de los recursos naturales y el medioambiente como los sujetos de ésta. Esto garantizaría la sostenibilidad de los ecosistemas y la disponibilidad de los recursos naturales, así como la posibilidad de la gente de disfrutar de un ambiente sano.

Por tratarse ya de un país básicamente urbano (se espera que para 2019, la población urbana del país llegará al 77% de la población total), entonces el ingeniero del futuro, mediante su participación en política, en planeación y ejecución de proyectos de infraestructura física y social, de otra parte, debe contribuir a los procesos que permitan la dotación de sistemas de abastecimiento de agua potable y de saneamiento básico (sistema de alcantarillado y de manejo de residuos sólidos) a los 1100 municipios del país. En consecuencia, debe contribuir a la intercomuni-

cación de las diferentes regiones del país y de éstas con el mundo (sobre todo con el continente asiático), a través de proyectos que permitan el desarrollo de grandes infraestructuras en los diferentes modos de transporte: terrestre, fluvial, marítimo, aéreo y aún ferroviario. Y, finalmente, participar asertivamente en los procesos de ordenación del territorio en sus diferentes dimensiones (político-administrativo, ambiental, territorial municipal y de las cuencas hidrográficas), incorporando a él la gestión del riesgo para reducir las vulnerabilidades y los efectos adversos del cambio climático global.

Referencias

- BLAA (2006). Imagen del ferrocarril en la numismática colombiana. Exposición realizada por la Biblioteca Luis Ángel Arango en Casa de Moneda. Octubre 27 de 2005 - Febrero 13 de 2006. Publicación digital en la página web de la Biblioteca Luis Ángel Arango del Banco de la República: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/exhibiciones/ferrocarriles/menu.htm>.
- Gallego, A. U. (2009, 25 de febrero). Entrevista para RCN en Youtube. Recuperado de <http://www.youtube.com/watch?v=QpeORHFkaFQ>.
- <http://es.wikipedia.org>.
- <http://ingenieria.udea.edu.co/historia.html>
- <http://www.cpiq.org.co/historia.aspx>.
- http://www.lablaa.org/blaavirtual/exhibiciones/ferrocarriles/secciones/ferrocarril_boliviar.htm
- http://www.sogeocol.edu.co/documentos/Col_inf_des_nal.pdf.
- Poveda Ramos, G. (2009). La ingeniería en Colombia. *Revista Digital Lámpasakos*, 1 (1), 56.
- Organización Internacional del Trabajo (2000). Estudio sobre reestructuración portuaria- impacto social: Puerto de Buenaventura. Recuperado de <http://www.ilo.org/public/spanish/dialogue/sector/papers/port-bv/bv2.htm>.
- Patiño, V. M. (1993). Vialidad en la época republicana. En *Historia de la cultura material en la América equinoccial* (tomo 3). Bogotá: Instituto Caro y Cuervo. Recuperado de http://www.lablaa.org/blaavirtual/historia/equinoccial_3_transportes/cap9.htm.
- Poveda Ramos, G. (1993). *Historia social de las ciencias en Colombia. Ingeniería e historia de las técnicas* (vols. IV y V). Bogotá: Colciencias.
- Romero, E. (1998). Colombia: su infraestructura y el desarrollo nacional. Disertación en los martes del Planetario, "Colombia: una camino hacia el futuro". Sociedad Geográfica

de Colombia. Bogotá, segundo semestre de 1998. Recuperado de <http://pdfstoc.net/reads/document/aHR0cCUzQSUyRiUyRnd3dy5zb2dlb2NvbC5lZHUuY28lMkZkb2N1bWVudG9zJTJGQ29sX2luZl9kZXNfbmFsLnBkZg==>.

Universidad de La Salle (2007). *Proyecto Educativo Universitario Lasallista (PEUL)*. Bogotá, D.C.

Valencia, D. (2009). Presentación sobre historia de la ingeniería para estudiantes de ingeniería mecánica de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín. En: <http://www.valenciad.com/Conferencias/HistIngen.pdf>

Valencia Giraldo, A. (1999). El futuro de la ingeniería. Publicado en: *Revista de Ingeniería Universidad de Antioquia*. N.º 19, diciembre de 1999, pp. 85-92.

Wright, P. H. (2007). *Introducción a la ingeniería*. México: Limusa.