

La Noción de Ingeniería e Ingeniería para Desarrollo¹

Nagib Callaos, Ph. D.

www.iiis.org/Nagib-Callaos, @NagibCallaos

Profesor Jubilado de la Universidad Simón Bolívar (Caracas, Venezuela) y
Presidente Fundador del International Institute of Informatics and Systemics (IIIS, www.iiis.org)

La Noción de Ingeniería²

Es bueno detenerse brevemente sobre el concepto de "ingeniería" por la incidencia que ello tiene sobre la temática de este trabajo.

Atendiendo a su significado etimológico; "ingeniería" e "ingeniero" derivan de "ingeniar" que a su vez deriva de "genio" y éste del término latino "genius", el cual deriva de "gignere" que significa "engendrar". De este último término derivaron también los términos "generador", "general", "generalizar", "generar", "genitor", "progenitor" y "genital"³.

En consecuencia, ingeniería es una actividad del ingenio humano. A esta conclusión se le puede hacer la objeción de que si bien ello es cierto también es cierto que el término inglés "engineering" deriva de "engine" que significa "motor" o "máquina", por lo cual se podría concluir que la ingeniería, en su sentido etimológico se refiere a una actividad circunscrita al ámbito de las máquinas. Esto es un error generado por la derivación etimológica incompleta, ya que el término inglés "engine" deriva a su vez de "ingenuity", y éste de "genius", términos que a su vez derivan del latín "ingenius" y "genius", respectivamente, y cuyo significado en inglés es 'natural quality or disposition, talents, genius, clever device'⁴. Luego se puede hacer la misma conclusión en inglés. El significado etimológico que asocia la ingeniería a la máquina es, en nuestra opinión, consecuencia del mecanicismo que imperó junto con la concepción cartesiana de la ciencia, a lo que nos referimos anteriormente.

Pero, antes de intentar una definición más completa de ingeniería, basada en su significado etimológico, es bueno indicar el sentido que tuvo "genius". Este significó "deidad que según los antiguos velaba por cada persona y se identificaba con su suerte"⁵. Con ello "genius" también significó "la persona misma, su personalidad"⁶. Ya para el siglo XIX, "genio"

1 Este texto ha sido extraído de una sección de nuestro Trabajo de Ascenso a Profesor Titular de la Universidad Simón Bolívar, titulado "*Metodología Sistémica de Sistemas*," y está basado en un artículo publicado en *Computerworld de Venezuela*.

2 Para un tratamiento bastante completo de los principios de la ingeniería, vea J.J. Duderstadt, et. al., *Principles of Engineering*; New York: Wiley, 1982. Asimismo, vea M. Finniston: "Engineering our Future: Report of the Committee of Inquiry into the Engineering Profession", *HMSO*, London: 1980.

³ J. Corominas: *Breve Diccionario Etimológico de la Lengua Castellana*; Madrid: Editorial Gredos, 1990, p.296.

⁴ T.F. Hoad: *The Concise Oxford Dictionary of English Etymology*; Oxford: Oxford University Press, 1993, p. 149.

⁵ Corominas, ob. cit., p. 296.

⁶ Ibid.

empezó a tener aceptación de "grande ingenio, hombre de fuerza intelectual extraordinaria"⁷. Mientras que el término "ingeniero" ya existía en 1490, y los de "ingeniosidad", "ingenioso" e "ingeniar" ya existían para 1490, que se referían a las "ciudades innatas de alguien"⁸.

Podemos concluir que desde sus orígenes semánticos "genio" e "ingeniería" estuvieron asociados entre sí y con la dimensión humana de la persona humana, con sus cualidades intelectuales y con su suerte. Sólo en el siglo XIX, "genio" llegó a tener el significado superlativo de "capacidad intelectual extraordinaria". La ingeniería no requiere de personas extraordinarias (aunque éstas puedan ejercer la ingeniería como cualquier otra profesión, ciencia o arte), pero sí requiere de personas interesadas en poner sus aptitudes al servicio de su propia persona y de la de los demás. En consecuencia, la ingeniería es una actividad mediante la cual **el intelecto humano opera en función del ser humano, de su bien-estar y de su bien-ser**. En base a ello y a otros elementos etimológicos que hemos visto al principio de esta sección, podemos decir que **ingeniero es quien usa su ingenio para engendrar soluciones a problemas humanos, es el progenitor, el productor de soluciones materiales y/o espirituales que mejoren el bien-estar y/o el bien-ser de la existencia humana**. Con el enfoque mecanicista cartesiano-newtoniano la ingeniería se orientó a las máquinas, que es un tipo de solución, una de sus especies, con lo cual la ingeniería entra en una primera fase de especialización, y con el soporte del conocimiento científico que cada vez se fragmentaba más, la ingeniería se fue especializando cada vez más y más. Ello la fue haciendo más **eficiente** en la solución de problemas **específicos**, pero menos **efectiva** en la solución de problemas más **generales** y, por ende, más complejos. De esta manera la ingeniería se fue alejando de su origen semántico, del que también derivó la palabra "general", "género", "generalista". Si a esto agregamos lo planteado anteriormente en cuanto al cientificismo que invadió el ámbito de la ingeniería, concluimos que se vino desnaturalizando y perdiendo su esencia, y su origen semántico-conceptual, tanto en cuanto a su **función de generación de soluciones a problemas humanos, más que de descubrimiento de verdades científicas, como en cuanto a su contenido general y cohesionado, más que especializado y fragmentado**. Entrar en mayores detalles al respecto nos llevaría, quizás, fuera de los objetivos del presente trabajo. Baste, por ahora indicar que la ingeniería es la actividad intelectual en función de la **creación de soluciones** integrales, de problemas humanos, los que pueden ser generales y complejos, mientras que la ciencia se orienta por **la creación de conocimiento, descubrimiento de verdades**, que pueden ser de utilidad a la ingeniería, o no. Por eso, algunos filósofos (como Aristóteles y Santo Tomás de Aquino) han concebido a la Ciencia como un **fin** en sí mismo, mientras que la ingeniería se nos muestra desde sus orígenes como **medio**. Siendo la ingeniería generadora de soluciones integrales se vuelve prácticamente imprescindible para el desarrollo integral de los países en vías de desarrollo. Detengámonos brevemente en este aspecto.

⁷ Ibid.

⁸ Ibid.

Ingeniería para el Desarrollo⁹

Es evidente que nuestro país, al igual que el resto de países en vías de desarrollo, requiere ahora más que nunca, de sus recursos humanos para salir exitosamente de la crisis en la que nos encontramos. Es también evidente que los llamados a jugar un rol fundamental son aquellas personas en las que el país ha venido haciendo grandes inversiones en su formación y consolidación. Pareciera, pues, claro que nuestros científicos, técnicos, ingenieros y demás profesionales tengan un papel protagónico en el momento histórico actual. El terreno se encuentra suficiente y adecuadamente abonado para que puedan desarrollar su potencial a través del trabajo creador y del esfuerzo productivo que cree las riquezas que estamos dejando de percibir por la caída de los precios del petróleo.

Frente a estos hechos evidentes, resulta paradójico el alto índice de desempleo entre nuestros profesionales, especialmente entre los ingenieros, quienes lejos de servir de ingrediente básico para la **generación** de fuentes de trabajo, no logran muchas veces ni generar su propio trabajo. No logran "velar por su propia persona" (lo que está en la raíz etimológico-conceptual) del término que los "define"), menos pueden velar por los demás. No pueden solucionar sus propios problemas, menos pueden contribuir a solucionar problemas industriales o sociales. Es paradójico que el desempleo entre nuestros profesionales haya sido mayor que el índice de desempleo de los recursos humanos no profesionales. Es paradójico que nuestras universidades se hayan transformado en generadores de desempleo, que el profesional que egresa tenga menos probabilidades de conseguir trabajo que las que tenía cuando ingresó. Es más paradójico aún que esto esté sucediendo también en el campo de la ingeniería.

Hay dos posibles explicaciones frente a esta paradoja: o el país no necesita más ingenieros, explicación que a todas luces no tiene ningún asidero real, o los egresados de las universidades con el título de ingeniero no son realmente ingenieros, o, en forma más optimista, no son aún ingenieros.

Si examinamos de cerca y detenidamente las actividades de docencia, investigación y extensión con las que nuestras universidades deberían ir formando a los que al final del camino reciben el título de ingeniero, vemos que la componente de extensión es casi inexistente, la de investigación y desarrollo se reduce a prácticas de laboratorios en las que **reproducen** experimentos para que el estudiante observe **pasivamente** la validación empírica de las leyes que le han enseñado en las clases teóricas. Montar un experimento en base a unas **guías** de laboratorio no requiere del estudiante los esfuerzos mentales característicos de la obra **creadora**, no requiere de los esfuerzos que conducen a la **producción** o a la **generación** de algo aún no existente. Requiere más bien de los esfuerzos necesarios para re-producir, para imitar métodos, procedimientos y experimentos que, por su esterotipia repetitiva, se han ido transformando en ritualismos aburridos tanto para el estudiante como para el profesor. Esto no es investigar. Esto no es desarrollar. Mucho menos es adquirir la formación necesaria para la investigación y el desarrollo.

⁹ Esta sección está basada en una adaptación de nuestro trabajo "Ingeniería para el Desarrollo", *Metrovoz*, Universidad Metropolitana, junio 1986.

Esta situación es producto del prurito existente en nuestras universidades relativo a que la investigación debe ser siempre investigación de punta, investigación en la frontera de conocimientos. Peor aún: esta frontera ha de ser la demarcada por el avance científico y tecnológico de los países desarrollados. Esta actitud, este sistema de valores epistemológicos es, a nuestro entender, origen de una serie de males que entran nuestro desarrollo integral. Los profesores universitarios, con una gran vocación y ser útiles a su país, y a formar profesionales también útiles y en sintonía con nuestras necesidades nacionales, tienen que nadar contra la corriente que a veces tratan de imponer aquéllos cuya vocación es incrementar su prestigio personal mediante investigaciones cuyos resultados terminan por ser absorbidos por las industrias preparadas para ello, las cuales evidentemente son las de los países desarrollados. Así, nuestro país que se encuentra en vías de desarrollo viene financiando investigaciones que terminan contribuyendo al desarrollo de los países ya desarrollados. Más que paradójico, este escenario es triste y quizás inmoral.

Al ubicarnos en una perspectiva universal, en lugar de nacional, el planteamiento cambia. Pero, aún así nuestro país no tiene obligación, ni legal ni moral, de financiar contribuciones al desarrollo científico universal. Pero, ubicándonos en tal perspectiva creemos que el investigador debe tener toda la libertad de escoger su tema de trabajo. Ello es condición "sine qua non" para la creatividad. Debe fomentarse tanto la ciencia básica orientada, como la básica libre, así como la ciencia aplicada y el desarrollo tecnológico. Lo que no se debe permitir es que quienes han optado por la investigación básica libre traten de imponer, consciente o inconscientemente, su modelo intelectual, su escuela epistemológica y sus valores científicos al resto de la comunidad universitaria. **Por lo mismo que se debe respetar su vocación de prestigio científico, ellos deben respetar la vocación de los demás de ser útiles a la sociedad. Ambas vocaciones son necesarias, se complementan y se refuerzan.** Nuestro país tiene su función en la civilización actual, y ésta requiere ambas actividades investigativas: requiere de la **ciencia de los abstracto** en la que la imaginación una vez que levanta vuelo, nada debe impedirle su elevación, y requiere de la **ciencia de lo concreto** en la que la imaginación se encuentra constreñida por las restricciones y los imperativos de la vida cotidiana, con lo cual su movimiento se parecería mucho a la "Danza del Encadenado" de Nietzsche.

Por ello debe fomentarse entre el profesorado universitario la investigación conducente a la creación de soluciones, además de aquella conducente al descubrimiento de verdades y a la creación de conocimiento, a la investigación ingenieril, además de la investigación científica. **El estudiante, por otro lado, debe hacer esfuerzos de investigación y desarrollo desde los primeros años de sus carrera.** La única forma en que esto último se pueda llevar a cabo es que se vea con claridad que la investigación no tenga que darse necesariamente en la frontera de conocimiento, que los esfuerzos que haga el estudiante para "re-inventar la rueda" son necesarios para su formación tanto científica como ingenieril, que la investigación conducente a la creación de las soluciones no tiene por qué darse en la frontera establecida por el sistema científico-tecnológico de los países desarrollados, y por ello sus resultados no tienen por qué ser válidos. Esta concepción de la investigación y desarrollo engranaría no sólo en una formación más adecuada para el tipo de profesionales que requiere nuestro país, sino que posibilitaría actividades de extensión universitaria en las que el estudiante podría

tener una mayor participación en situaciones que le permitirían ir retribuyendo al país la inversión que se está haciendo en él.

En cuanto a la docencia universitaria para la formación de profesionales, en general, y de ingenieros en particular, se presenta una situación similar, sólo que en este caso ello también está sucediendo en las universidades de los países desarrollados, y así ha sido denunciado por varios autores de gran talla intelectual, profesional y moral. Especialmente interesante es lo que plantea al respecto Herbert Simon, quien como ya lo planteamos, ha logrado destacar tanto en la teoría como en la práctica: además de Premio Nobel, ha sido uno de los consultores mejor pagados en los Estados Unidos, uno de los padres de la teoría administrativa contemporánea, así como de la economía, la investigación de operaciones y la inteligencia artificial. Simon ha hecho un profundo análisis respecto a la inadecuada formación que adquieren los estudiantes de ingeniería en las universidades americanas. En una de sus conclusiones afirma: "El diseño..." constituye la esencia de toda preparación profesional, es la marca distintiva que separa las profesiones de las ciencias. Las escuelas de ingeniería, al igual que las de arquitectura, comercio, cultura, leyes y medicina, se centran sobre todo en el proceso de diseño o proyecto... visto el papel clave que desempeña el diseño en la actividad profesional, resulta irónico que en este siglo las ciencias naturales hayan barrido a las ciencias de lo artificial de los programas de las escuelas profesionales. Las escuelas de ingenieros se han convertido en escuelas de física y matemática; las escuelas de medicina, en escuelas de ciencias biológicas; las escuelas de enseñanzas comerciales, en escuelas de matemática finita... Un fenómeno tan universal debe tener una causa básica. Y la tiene muy obvia. A medida que las escuelas profesionales, contando entre ellas las de ingeniería, se ven más absorbidas por la cultura general de la universidad, más ambicionan la respetabilidad académica. De acuerdo a las normas vigentes, la respetabilidad académica exige aquellas materias que son, intelectualmente arduas, analíticas, susceptibles de formalizarse"¹⁰. A nuestras universidades, que no pocas veces se han apoyado en el modelo americano, les está sucediendo lo mismo. Sólo que en el caso nuestro la situación es grave porque nuestras industrias no están lo suficientemente desarrolladas como para llenar el vacío dejado por las universidades. De nuevo la búsqueda del prestigio por parte de algunos profesores; y en el caso de la docencia, se trata del prestigio de la universidad.

Es así, a nuestro entender, como los esfuerzos tras un prestigio y una excelencia mal concebidos han ido transformando nuestras carreras profesionales en una especie de "juego de abalorios" hessiano, y nuestras universidades en generadores de desempleo. Por ello, requerimos un "golpe de timón" en nuestra educación superior, especialmente en la ingenieril. Nuestros estudiantes, además de conocer los aspectos básicos de la ciencia y de todo aquello que los coloque a la altura de los tiempos, deben **saber conocer para saber hacer**, deben saber **producir** además de **reproducir** lo enseñado. Deben desarrollar no sólo las capacidades intelectuales requeridas para las exigencias universitarias, sino también las

¹⁰ Herbert Simon (uno de los padres de la teoría administrativa contemporánea y uno de los pioneros en Inteligencia Artificial) es un hombre de pensamiento y de acción. Su profundo y versátil pensamiento lo llevó a ganar el Premio Nóbel de Economía en 1978. Su fecunda acción y su capacidad para resolver problemas prácticos lo llevó a ser uno de los consultores mejor pagados en su área. Aquí nos estamos refiriendo a su libro *Ciencia de lo Artificial*.

facultades psíquicas requeridas por el ejercicio profesional y por la vida. La universidad debe prepararlos para la profesión y para la vida. Por ello debe ir pensando muy seriamente en ir complementando su formación intelectual con la preparación psicológica, volitiva y moral requeridas para producir, crear soluciones, y especialmente, innovar y emprender.

Es bueno que en nuestras universidades superemos ese candor con el que hemos venido confundiendo y, a veces incluso, identificando la innovación y la originalidad. Es de perogrullo, pero también de importancia, hacer notar que "innovar" deriva de "nuevo" y "original" de "origen". Un traje nuevo no es necesariamente un traje original. Un casado nuevo, un novio, no es un casado original. Novedad, en uno de sus sentidos, significa mercancía adecuada a la moda, no necesariamente un invento, u otra cosa original. El concepto de originalidad excluye el de **copia**, el de innovación no lo excluye necesariamente. Ser innovador, en el sentido de producir una mercancía nueva en nuestro país a partir de la copia de productos fabricados en un país desarrollado no le quita originalidad al innovador. Más bien, puede requerir de mucha imaginación y, por ello, conducir a fabricar el mismo producto pero por una vía, un proceso, totalmente diferente. La copia del producto puede requerir, y de hecho en el desarrollo tecnológico requiere, de originalidad en el proceso. Pero, incluso, aún cuando no se requiere de originalidad para innovar, producir la innovación no degrada la originalidad de nadie, ni es insulto a la creatividad y al intelecto de nadie. Ponerse un traje nuevo en lugar de uno original, no afecta la originalidad de nadie. Casarse como otros lo han hecho, ser novio, no disminuye la respetabilidad intelectual de nadie. Innovar puede requerir de la originalidad, y cuando no la requiere no la insulta. Quien piense lo contrario tiene una mente definitivamente "enguayucada", está culturalmente sub-desarrollado, no importa cuan "original" pueda ser.

Es irónico y triste ver cómo en los países desarrollados se han percatado de esta cuestión desde hace ya tiempo; cómo Japón, en base a ello, ha ido agigantando su desarrollo industrial y tecnológico, y aumentado significativamente su respetabilidad al punto de que la industria japonesa se ha transformado en centro de atracción para la investigación de las razones de la alta productividad, diversificación y flexibilidad alcanzadas por las empresas niponas. Los japoneses, empezaron copiando productos, empezaron desarmando máquinas, desagregando tecnologías; empezaron analizando el Mundo Artificial creado por los grandes centros científicos, tecnológicos e industriales de los países desarrollados, para luego re-componer, re-sintetizar, re-crear ese mundo con componentes nipones, diseños nipones y cultura nipona. **Fueron muy orginales al tomar como punto de partida El Mundo Artificial creado por la Civilización Occidental en lugar de Tomar al Mundo Natural que sirvió de punto de partida de dicha civilización.** En lugar de hacer grandes esfuerzos económicos, sociales e intelectuales para desarrollar las Ciencias Naturales, pusieron más bien el énfasis en el desarrollo de lo que Herbert Simon llama la Ciencia de lo Artificial. En lugar de poner el acento en las ciencias de lo abstracto, lo pusieron en las ciencias de lo concreto. Partieron de las cosas artificiales y, a través de una **ingeniería de copia**, que luego de formalizaría con el nombre de **ingeniería de reverso**, descompusieron el Mundo Artificial para luego re-crearlo en forma más idónea, más eficiente y más efectiva. **Partieron copiando y son ahora objeto de copia.**

Hechos, como el japonés, no pueden escapar al escrutinio de la Ciencia. Un número más creciente de investigadores de países desarrollados está estudiando el fenómeno. Un ejemplo de ello lo encontramos en la Universidad de Sussex, con la figura, ya patriarcal de Freeman, quien ha producido más de 200 publicaciones al respecto. En Latinoamérica, a pesar de que aún quedan algunos científicos que, dedicados a un "juego de abalorios", no han tenido tiempo, voluntad e interés en observar ese hecho objetiva y científicamente, otros, en número cada vez más creciente, han venido dando los virajes y los "golpes de timón", aconsejados por las conclusiones que han sacado de las observaciones objetivas que han hecho. En el caso de estos últimos, **la ciencia se les ha vuelto consciencia, consciencia social, y consciencia ética.**

Jorge Sábato, patriarca latino-americano y de reconocimiento internacional al respecto, trató de distinguir durante toda su vida entre originalidad e innovación tecnológica. En múltiples oportunidades ha afirmado que **"la originalidad, en el sentido epistemológico, es crucial en el quehacer científico, pero resulta irrelevante en el paquete tecnológico"**. La relación puede ser incluso inversa: la innovación tecnológica israelí en materia de equipos electrónico-médicos mantiene una correlación estadística negativa con la originalidad incorporada a tales equipos.

Un número, cada vez creciente de autores, se ha venido percatando de este hecho. Por ello son cada vez más numerosas las concepciones de desarrollo tecnológico e investigación ingenieril que tratan de safarse de la "camisa de fuerza" que intentan imponer algunas escuelas epistemológicas en métodos y actividades que escapan a su frontera. Por ello, y en forma determinante, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, se afirma que "la tecnología -en palabras de Sábato- es un **paquete** de conocimientos organizados de distintas clases (científico, técnico, empírico, etc.) proveniente de diversas fuentes (descubrimientos científicos, otras tecnologías, libros, manuales, patentes, etc.), a través de métodos diferentes (investigación, desarrollo, adaptación, copia, espionaje, expertos etc.)"

Los políticos de nuestros países también se han percatado de la necesidad de la innovación tecnológica para nuestro desarrollo integral. La cláusula 84 del Acuerdo de Cartagena, que se hizo Ley en nuestro país por el decreto respectivo, es fiel reflejo de ello. En ambos sitios se define la innovación tecnológica en términos similares a los planteados aquí.

Existe pues, tanto el clima intelectual como los mecanismos jurídicos para una renovación de los estudios de ingeniería en nuestras universidades, para ponerlos al servicio de un desarrollo integral. Ya en 1973 lo habíamos planteado en el ***Primer Congreso Nacional de la Enseñanza de la Ingeniería***, organizado por el Colegio de Ingenieros de Venezuela. Lo que entonces era deseable se ha vuelto hoy necesario. La Reforma de la Educación en Ingeniería, que entonces era posible, es en el presente un imperativo que cuenta con los recursos legales necesarios para su implantación. El Desarrollo Integral del país requiere de sus universidades una mayor adecuación de sus carreras de ingeniería, requiere de una docencia más orientada al diseño creativo y de una investigación más orientada a la solución de problemas nacionales, más cercana al estudiantado y más relacionada con el sector productivo tanto de bienes materiales como de bienes espirituales. Requiere así mismo de una mayor **integración entre las actividades de docencia, investigación y extensión.**

Es necesario, pues, una educación ingenieril más cónsona con nuestras necesidades materiales y espirituales. Una educación para **crear**, para **producir**. Una educación sin complejos infantiles. Una educación madura que ayude a preparar ingenieros de mentes desarrolladas para un país, como el nuestro, en vías de desarrollo. Ingenieros dueños de sí mismos, seguros de su capacidad creativa, intelectualmente maduros, y aptos psíquicamente. Ingenieros sin complejos, sin guayucos mentales, con valor intelectual para enfrentar el candor paralizante, y a veces amenazante, de quienes aún consideran la innovación sólo como sinónimo de originalidad; de quienes no han logrado entender que si bien la originalidad puede conducir a la innovación, esta última no requiere necesariamente de aquélla; de quienes cometiendo el craso error de lógica elemental siguen transtocando géneros con especies, siguen confundiendo A es B con B es A. El país requiere ingenieros que pongan su imaginación y su creatividad no sólo al servicio de la generación de ideas originales, sino también al de la creación de procesos conducentes a la copia de productos importados de alta demanda nacional; ingenieros con reciedumbre psíquica para enfrentar los sarcasmos de quienes por incapacidad, indolencia o ingenuidad prefieren ver como inferiores y sin respetabilidad académica a las actividades útiles para el desarrollo del país; ingenieros con suficiente iniciativa, audacia, voluntad, persistencia y demás características fundamentales del espíritu emprendedor que el país está pidiendo a gritos tanto de sus ingenieros como de sus empresarios.