

Tópicos, normas y dogmas: Refutación de lo convencional en ingeniería.

Coloquio en la Residencia de Estudiantes, 4 de Mayo, 2010

III. Acción imaginativa vs. mandato de racionalidad.

César Lanza

Se escribe esta nota con la intención de contradecir en lo posible el tópico que afirma el sometimiento de la ingeniería -pensamiento y acción- a un racionalismo excluyente. Ese tópico mal llamado de la razón, insinúa o afirma abiertamente que la razón domina la técnica hasta un punto tal que la imaginación queda anulada como vector de la acción creativa en ese campo.

En realidad el dilema razón/imaginación trata de la confrontación de dos tópicos maledicentes. Uno, el mencionado, proyecta el desdén del mundo de las humanidades hacia la técnica; la consideración estereotipada del racionalismo como esquematización, rutina o determinismo mecanicista, supuesta guía de los actos de los ingenieros en su relación con un mundo incierto y complejo, inasible desde la pura razón. Pero hay otro tópico que aflora que desde el interior de la propia ingeniería cuando se menosprecia o incluso se ridiculiza la imaginación como un curso impropio de acción técnica. La imaginación, se dice, conduce a la ilusión, la utopía o la quimera, en resumen a alguna forma de irrealidad ficticia o lo que es todavía peor, fraude. Algo inaceptable desde la sensatez –obligada, se supone- del ingeniero.

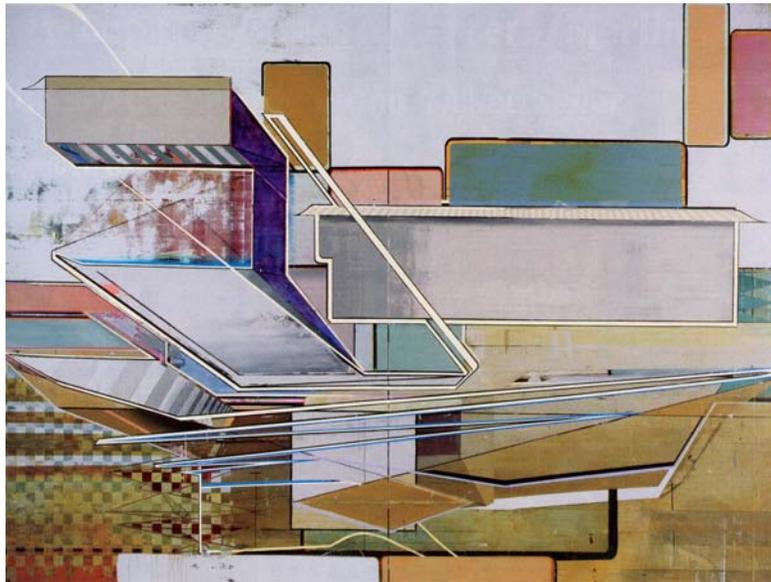
A través del tópico de la razón la ingeniería se muestra a los ojos del público como una de las artes duras, un arte a rajatabla, marcial y cuartelero. En su poemario *Yo era un tonto y lo que he visto me ha hecho*

Nota distribuida por



Este texto refleja exclusivamente las opiniones de quien lo ha escrito y no está sujeto al derecho de copyright. La propiedad de las imágenes que lo acompañan pertenece sin embargo a sus respectivos autores.

Mayo, 2010

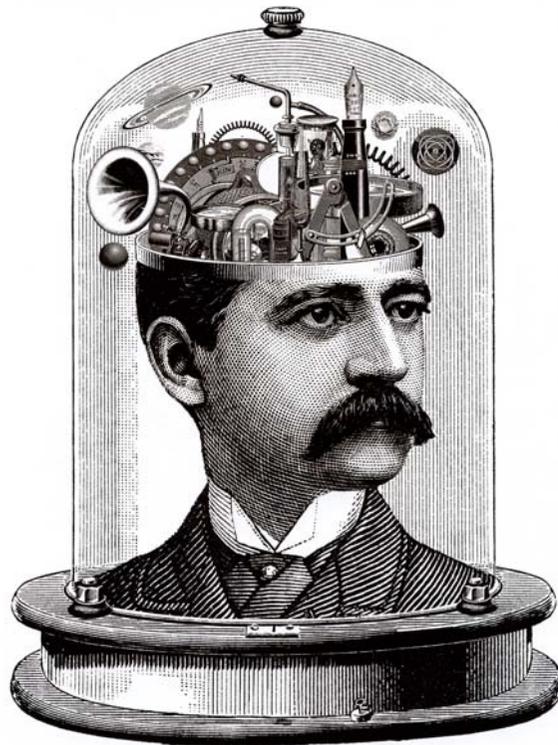


dos tontos (1929), Rafael Alberti ya advertía «(...) del deber que tiene un ingeniero de espantar a todo trance las hadas». Le Corbusier amaba según parece a las máquinas incluso más que a las edificaciones, pero su fascinación por la técnica no impidió que añadiese una gota propia de acíbar al tópico. En *Hacia una arquitectura*, L.C. dejó escrito: «(...) los ingenieros, gente plácida, modesta, de ideas limitadas, que en sus reglas de cálculo obtienen resultados inexorables. Los ingenieros no son sino individuos puramente racionales, habituados a concebir y ejecutar obras de cálculo puro e incapaces de imaginar las consecuencias de su propia actividad».

La acción esencial de la ingeniería no se basa en el recurso sistemático a la fórmula, el manual o últimamente el programa informático, aunque todo ello forma parte del instrumental que codifica y hace operativos los conocimientos necesarios para actuar. Errores reiterados de juicio como los de Le Corbusier devienen «(...) costumbres incultas y no moderadas» (Bartolomé de las Casas).

Se defiende en esta nota la tesis de que en la ingeniería, como forma específica de pensamiento y acción transformadora del mundo, concurren a la vez una razón imaginativa y una imaginación racional. Razón e imaginación que dialogan y pugnan, pero no necesariamente se oponen, en los hechos realmente notables. El dilema razón/imaginación, si bien es cierto que existe dentro de la técnica, no excluye una categoría en beneficio de la otra.

En su estudio desde la filosofía, la imaginación suele sufrir el vicio etimológico que liga esa noción con la de imagen, representación sensible de las cosas y sensaciones conscientes. Francis Bacon (Lord Verulam) en *De augmentis scientiarum* (*El avance del conocimiento*, 1605) identificó tres potencias del alma humana: la memoria, la razón y la imaginación. La memoria, facultad de registro de los hechos y su



persistencia, sustento de la historia; la razón como base del método – filosófico o científico- y la imaginación, fuente de la poesía y la retórica. Descartes, apóstol ilustrado del método, separó el sentido común basado en el entendimiento (raciocinio+empirismo) de la fantasía, producto de la imaginación.

El dilema razón/imaginación no es propiamente filosófico cuando se sitúa en el contexto de la técnica. Aunque lo fuera, Richard Rorty desde una posición pragmática advierte que muchas de estas controversias son pseudo-problemas filosóficos que se dan en el campo del lenguaje (metáforas, vocabularios y asociaciones lingüísticas), y por tanto es más práctico disolverlos que resolverlos. Para entrar en el dilema razón/imaginación en lo que a la ingeniería se refiere, el instinto aconseja liberarse de servidumbres intelectuales.

La imaginación de la técnica y sus estrategias

La imaginación causa ruptura en las secuencias lógicas y conduce la acción técnica por caminos nuevos. «(...) Demostramos con la lógica pero inventamos con la intuición» (Henri Poincaré). La intuición es una de las expresiones de esa facultad del espíritu imaginativo que anima a la ingeniería; a veces una suave fuerza poco perceptible, otras un potro desbocado.

La imaginación es un vector de la ingeniería cuando ésta se entiende como novación, es decir creación de lo nuevo. La novación está en el DNA de los ingenieros, aunque no todos son inventores - pocos lo son de hecho, al menos en España- igual que ciertamente no hay tantos arquitectos artistas ni científicos que hayan descubierto algo que merezca realmente la pena.

La imaginación que practica el ingeniero es distinta de la imaginación del artista, aunque algunos genios de la especie humana como Leonardo aunaron ambas capacidades. El artista busca conmover el sentimiento de quienes reciben su arte operando sobre el hecho perceptivo, operando sobre el estado de conciencia de los receptores, pero el ingeniero lo que busca es transformar la realidad. Es una imaginación transformadora que atiende aquella vieja demanda marxiana de cambiar el mundo, y se corresponde con la alteración de la circunstancia que envuelve al hombre, enunciada por Ortega en su *Meditación de la técnica*. La ingeniería transforma la circunstancia del ser humano, bien sea la que le impone la naturaleza o una determinada realidad social; es una forma extra-humana de humanismo. La técnica es la táctica de la vida (Spengler).

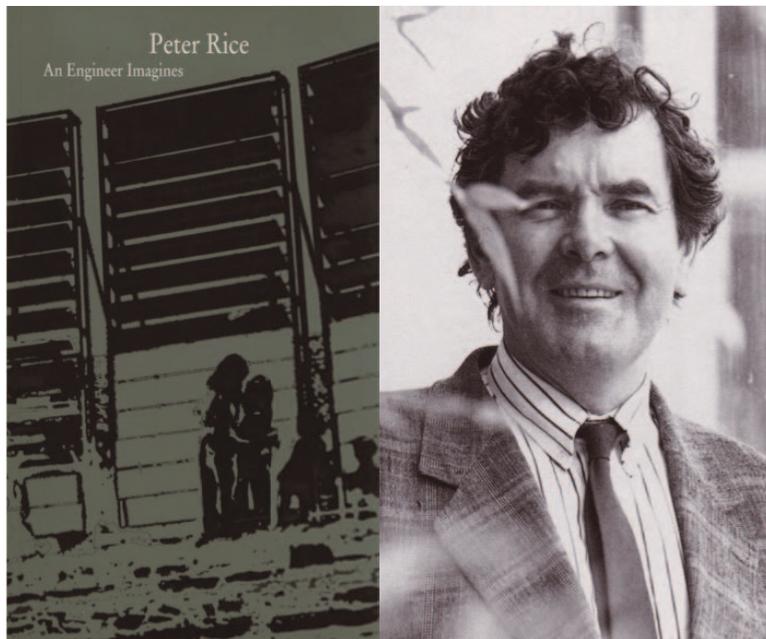
La ingeniería se vale de cuatro estrategias de imaginación sustantiva, que son las siguientes:

(1) Imaginación de la materia en sus diferentes escalas, desde la geoescala (el territorio, 10^3) a la nanoescala (las estructuras atómicas, 10^{-9}), es decir 12 órdenes de magnitud en torno a la dimensión sustancial al ser humano, la métrica, si se expresa en unidades del Sistema Internacional. La ingeniería civil opera sobre el territorio, que «(...) es el jardín del ingeniero» (sentencia atribuida a David Leroy y celebrada en las por otra parte tristes exequias del gran Perronet).

(2) Imaginación del movimiento, que es esencialmente el mundo de los campos de fuerza y de la energía, el mundo de las máquinas.

(3) Imaginación de lo inmaterial, o el mundo de las señales (información y comunicación), es decir de las redes, Internet y sus mundos virtuales.





(4) Imaginación de lo vivo, yendo desde lo cognitivo (inteligencia artificial) hasta lo biológico (formas sintéticas de vida), es decir la ingeniería de la vida artificial por extraño que ello parezca.

En esos contextos la ingeniería no es sólo razón, ni siquiera ciencia aplicada. Su forma particular de ejercer la imaginación lleva a modos no-científicos de pensamiento, a maneras de razonar que no son numéricas ni siquiera verbales. El ingeniero imagina con *the mind's eye* (Ferguson), no con su máquina de calcular.

Peter Rice (Dundalk –Irlanda- 1935, Londres 1992), un brillante ingeniero estructural co-autor de la Ópera de Sydney (Jorn Utzon, 1958), el Centro Pompidou de París (Renzo Piano y Richard Rogers, 1971) y el edificio Lloyds de Londres (Richard Rogers, 1984) entre otros edificios de relieve, escribió en sus memorias lo siguiente: «(...) Yo explicaré la diferencia entre un ingeniero y un arquitecto diciendo que la respuesta del arquitecto frente a un problema es primariamente creativa, mientras que la del ingeniero es esencialmente inventiva. Para mucha gente, especialmente para el público, los ingenieros son figuras misteriosas. La pregunta más normal que se hace frente a ellos es: ¿qué es lo que hacen? Hacen que las cosas funcionen, que las cosas se puedan construir, pero esto no es una cosa muy noble. En la sociedad actual, dominada por los medios de comunicación, esta imagen no es la que realmente representa o da valor a una profesión. Sin embargo, el papel del ingeniero es crucial, independientemente de la imagen que tenga».

Rice, de quien se dijo (Glancey) que había sido el James Joyce de la ingeniería estructural, fue un ejemplo paradigmático de cómo la imaginación técnica del ingeniero, basada en el conocimiento profundo de las ciencias físicas y la reología de los materiales, se une a la imaginación formal y artística del arquitecto para hacer posible la obra de arte en su realidad material construida. Peter Rice observó que en

una sociedad dominada por los medios, es la imagen más que el contenido lo que importa. La relevancia de la ingeniería, que se centra esencialmente en el contenido, quedaría así desdibujada en la consciencia del público.

La imaginación del movimiento

De las cuatro estrategias, la del movimiento representa de una forma quizá más notoria y específica el ánimo de la ingeniería y su función en el mundo. Moverse es tanto o más importante que resistir, y por ello fuerzas, energía –trabajo- y movimiento han formado parte sustantiva del imaginario del ingeniero desde el mismo origen de la especie.

Es un lugar común señalar que la ingeniería –al menos en su acepción civilizada y moderna- tiene su base en el conocimiento científico y es por tanto hija legítima de la Enciclopedia (Diderot y D’Alembert) y un producto histórico del siglo de Las Luces. Esa opinión está bien sustentada en la historiografía de la técnica, donde un autor tan reputado como Maurice Daumas, señala varias etapas históricas, que van (i) desde los primeros indicios de civilización hasta el siglo XV, (ii) los siglos XV a XVIII –primeras etapas del maquinismo-, (iii) los siglos XVIII y XIX –se fragua la vinculación de la técnica con la ciencia y expansión del maquinismo-, y (iv) la civilización industrial –siglo XX. Otros estudiosos muy significados como Lewis Mumford, asocian ingeniería –profesión de la técnica- con el concepto de máquina y establecen dos grandes épocas, la paleotécnica y la neotécnica, siendo esta última precisamente la que da lugar al maridaje de técnica y ciencia que se produce durante la Ilustración.

Podemos dar lo anterior por bueno como esquema de referencia, aunque desde luego la relación entre ciencia e ingeniería no es ni lineal

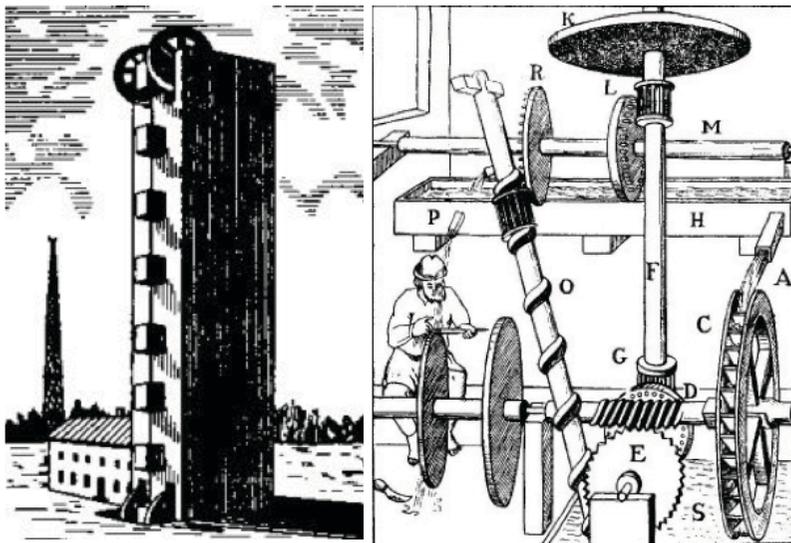


ni trivial, no supone un orden claro de prelación ni tampoco una asignación causal determinista. Hay ocasiones en que la ciencia con sus descubrimientos y teorías estimula los desarrollos técnicos, mientras que en otras muchas es la propia ingeniería la que precede a la técnica – la aeronáutica es un ejemplo claro de esto último.

En realidad el nacimiento de la ingeniería se puede encontrar en el mismo libro del Génesis, en la serpiente –la más astuta de cuantas bestias del campo hiciera Yavé Dios– que incitó a la mujer, y ésta al hombre, a comer del fruto del árbol en medio del paraíso, abriéndose los ojos de ambos. Y dijo Yavé Dios al hombre: «(...) con el sudor de tu rostro comerás el pan hasta que vuelvas a la tierra», pero el hombre, que ya había perdido la inocencia y tenía los ojos abiertos, debió pensar algo así como «(...) de acuerdo, pero cuanto menos sudor, mejor» y se hizo ingeniero. Así pues el patrono de la ingeniería no debería ser aquel Domingo de la Calzada que tan modesto rango ocupa en el santoral cristiano, sino más bien el propio Creador, o si se quiere su antagonista la serpiente, es decir el maligno Lucifer. Elija cada uno según su preferencia.

Un ejemplo interesante para entender cómo la imaginación mueve el espíritu y estimula la inventiva de los ingenieros, si bien en este caso sin posibilidad de éxito, es el del motor perpetuo –también conocido como móvil perpetuo. Aunque es bien sabido que ese motor era una idea disparatada, pre- y sobre todo anti-científica y por tanto imposible de realizar, la historia de la búsqueda de un diseño capaz de materializar un móvil perpetuo ayuda a entender la relación nada lineal que a veces se da en el mundo de la ingeniería entre imaginación-fantasía y ciencia-racionalidad.

El motor perpetuo forma parte de tres fantasías que aparecen en la Edad Media en Europa, y que hoy sabemos que son disparates, aunque

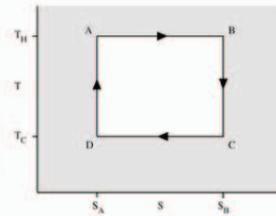


en su momento, en la sociedad pre-científica, no eran sino tres anhelos legítimos del hombre medieval:

- el móvil perpetuo (dominio sobre la creación de energía)
- la piedra filosofal (dominio sobre la obtención de riqueza)
- el elixir de la vida (dominio sobre el tiempo vital del ser humano)

La inspiración que motivó el imposible motor que produciría más energía de la empleada en moverse se encontraba en el *perpetuum mobile naturae*, la contemplación ingenua del movimiento permanente de la naturaleza, ríos, olas, nubes y astros. También en los descubrimientos –inventos- de los protoingenieros de la antigüedad, en especial Arquímedes de Siracusa (palanca, tornillo sin fin) y Herón de Alejandría (bomba hidráulica, eolípila), asombrosos en su tiempo. Y así es como aparecieron personajes pintorescos y estrambóticos en diversas épocas, como Villard d'Hannecourt, Orfireus o Athanasius Kircher, ideadores, artesanos o farsantes en búsqueda del diseño imposible de un motor perpetuo de primera especie -mecánico-, cuya irrealidad sin embargo ya advertían personalidades como Stevin o Newton. También fueron muchos los intentos de inventar el motor perpetuo de segunda especie –térmico- hasta la desacreditación definitiva de ambas fantasías, que vino de la mano del ingeniero Sadi Carnot a principios del siglo XIX. La Academia de Ciencias de París había dejado de examinar memorias sobre tales tipos de artefactos en el año 1775, dada la ingente cantidad de manuscritos que le eran remitidos de manera regular sobre esta idea.

Nicolas Sadi Carnot (1796-1832) fue un ingeniero politécnico francés que sentó ex-novo las bases de la termodinámica -la «reina de las ciencias»- más tarde formalizada por Rudolf Clausius y Lord Kelvin. En su opúsculo *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance* (1824) enunció los

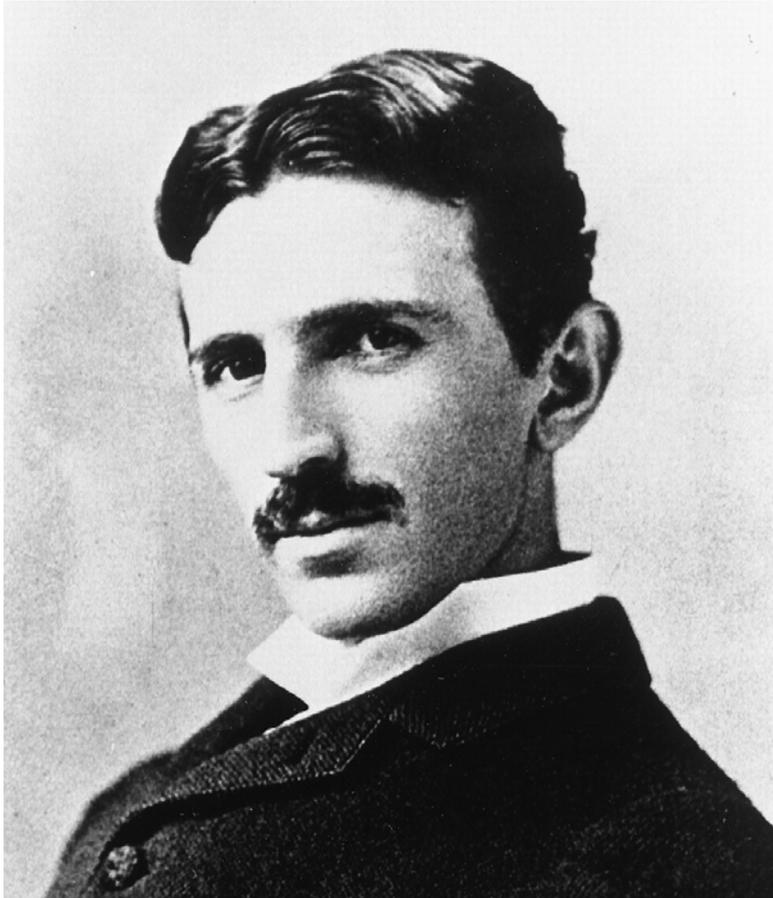




principios fundamentales que se conocen como primera y segunda ley de la termodinámica, que consagran como verdades científicas la conservación de la energía (1ª ley) y la degradación de la misma en los procesos irreversibles (2ª ley).

Los descubrimientos de Carnot pusieron fin a la quimera del móvil perpetuo como posibilidad factible, y por tanto esa idea dejó de tener valor al no ser técnicamente realizable. Aquí la imaginación realista de la ingeniería abatió a la fantasía; usando palabras que gustaba pronunciar don Vicente Roglá en sus clases de Electromagnetismo en la Escuela, «(...) la ciencia, con su escalpelo inquisitivo despoja de poesía a la relación del hombre con la naturaleza».

«*Energy is eternal deligth*» dejó escrito William Blake, visionario del arte y de la poesía, en la que es posiblemente su obra escrita más relevante, *The Marriage of Heaven and Hell*. Ello sirve también para poner de manifiesto como la fascinación por la energía ha desbordado el dominio del puro pensamiento científico-técnico y se adentra en el núcleo más imaginativo de las humanidades. Aún hoy día la investigación sobre este tema está entreverada con elementos que rozan lo fantástico. Tómese como ejemplo el ITER, Reactor Termonuclear Experimental Internacional, que persigue la fusión de átomos de hidrógeno por confinación magnética del plasma. La instalación de esta gigantesca y complicadísima máquina en Cadarache supondrá una inversión –prevista– de 12.000 Millones de dólares, exclusivamente para probar si es posible o no la viabilidad industrial de una idea que la ciencia da por buena. El contrato de ingeniería de obra civil y edificación del ITER se ha firmado recientemente, el 13 de Abril de este mismo año (2010), encargándose de ello el consorcio ENGAGE: Assystem (France), Atkins (UK), Empresarios Agrupados (Spain) e Iosis (France). Otros países como el Japón cuentan con sus propios



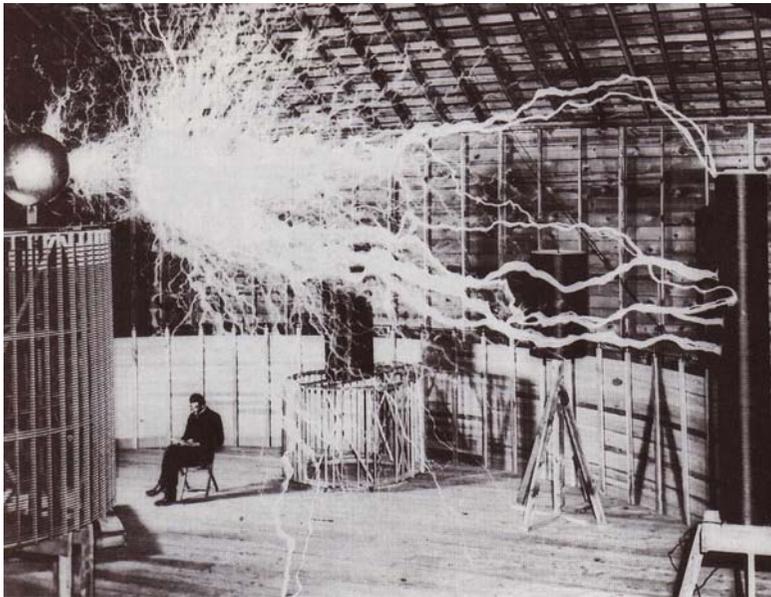
experimentos, en su caso el denominado LHD (Large Helical Device), una variante de la idea anterior –se trata de un modelo de Stellarator, no de un Tokamak como el ITER.

Razón y sinrazón en la imaginación del hombre que inventó el siglo XX

Ese hombre fue el ingeniero de origen serbio Nikola Tesla (1853-1946), quien concibió y fue capaz de construir nada menos que la maquinaria apta para producir, transportar y utilizar la corriente eléctrica alterna polifásica. La corriente alterna, una posibilidad teórica que el mismo Tesla imaginó en parte tomando como base los trabajos previos de Maxwell sobre el campo electromagnético y más tarde hizo una realidad factible, fue el auténtico vector energético que propició la industrialización masiva –denominada segunda revolución industrial- y contribuyó a hacer el mundo que hoy conocemos.

El nombre del escocés James Clerk Maxwell se asocia con total merecimiento a uno de los casos más preclaros de imaginación científica puesta al servicio de la modernidad. Maxwell, formalizador de la teoría del campo electromagnético a partir de trabajos previos efectuados por Faraday y Oersted, ejerció con su teoría una tremenda influencia que afectó no sólo a la nueva ciencia del electromagnetismo sino también a la propia filosofía de las ciencias físicas.

Maxwell supo dar una explicación cabal a la paradoja de la localidad espacio-temporal de referencia como base del principio de causalidad: un conjunto completo de las causas de un fenómeno debería estar contenido en el momento y lugar en que se produce esa acción física, lo cual llevaba a considerar estados imperceptibles de la materia como el éter. Pero Maxwell descubrió que el mundo físico no está constituido



exclusivamente por materia sino también por campos de fuerzas que habilitan la acción a distancia, medios continuos portadores de energía.

Y fue Tesla, cuyo nombre designa la unidad de medida de la densidad de flujo magnético en el Sistema Internacional, quien desde la ingeniería supo imaginar y hacer reales las posibilidades que la obra de Maxwell apuntaba. El hombre que inventó el siglo XX, uno de los ejemplos más nítidos del tremendo valor de la imaginación en la ingeniería. Nikola Tesla, un hombre extraordinario, fascinante, controvertido e incomprensible en algunos aspectos.

Llega a Nueva York el año 1884. Inventor de la corriente alterna polifásica (1888, American Institute of Electrical Engineers) y de la maquinaria que la hizo posible, Tesla desató y ganó la denominada guerra de las corrientes entre Edison –su primer, ingrato y desleal jefe- y Westinghouse, finalmente socio y colaborador suyo. Fruto de la alianza entre Tesla y Westinghouse fue la central de Niagara Falls, (1895) primera instalación industrial para la producción y transporte de corriente alterna, alimentando con la energía hidroeléctrica producida en el salto a la ciudad de Buffalo, a 25 millas de distancia.

La imaginación de Tesla no se extinguió con esos éxitos tan inmensos ni su apetito por descubrir e inventar se calmó con los copiosos royalties que le correspondieron por las patentes sobre sus inventos electrotécnicos. Tesla creó un avanzadísimo laboratorio en Colorado Springs (1890-1900), con el fin de experimentar con corrientes de muy alta tensión –descargas que rompían la capacidad dieléctrica del aire y podían transmitir energía sin necesidad de líneas- y de muy alta frecuencia -radiocomunicación. Fruto de ello fue la primera patente de radio otorgada a su nombre(1897), aunque posteriormente le fue revertida a Marconi (1904), hecho que le causó una gran amargura.

Tras Colorado Springs, Tesla construyó la extraña torre de Wardenclyffe (1902), concentrando en ella máquinas de su invención con las que pensaba que podría llegar a controlar y escalar industrialmente los resultados obtenidos años atrás en el desierto, fantasía que demostró ser imposible. Curioso resulta el papel controvertido de J.P. Morgan en toda esa historia y el control que intentó ejercer para neutralizar la fuerza creativa de Tesla y proteger sus inversiones en distribución de energía eléctrica. Tesla acabó sus días sumido en la oscuridad de un desorden compulsivo-obsesivo que la edad fue magnificando, pero esa es una historia triste que en nada desdice su grandeza como ingeniero inventor y creador imaginativo, en ocasiones con gran éxito, en otras con ninguno.



La imaginación de lo innumerable

La segunda mitad del siglo XX ha visto a la ingeniería dirigir su imaginación por caminos sorprendentes, abriendo frentes de onda que aún están lejos de estabilizarse en la actualidad. La primera de esas vías ya decididamente postmodernas es la del procesamiento automático, que ha dado lugar a la importante industria de las tecnologías de la información, y en su especialidad quizá en teoría más atractiva al intrigante mundo de la denominada inteligencia artificial. No es posible entender lo que viene sucediendo en ese ámbito sin hacer referencia a personajes notabilísimos en el mundo de la ciencia y también en el de la ingeniería, con imaginaciones y capacidades de diferente naturaleza pero actuando en simbiosis dentro de un proceso remarcable de fertilización recíproca.

Nombres y ejemplos de imaginación virtuosa y desbordante abundan en este campo, donde los ritmos de la innovación nos



desconciertan en ocasiones con la perplejidad de lo vertiginoso. Alan Turing y John von Neumann, en el lado de la ciencia, como precursores y una larga lista de ingenieros de especialidades muy diversas y denominaciones inimaginables hace tan sólo unos pocos años. Y en proximidad aún más reciente no se puede ignorar la incursión de la ingeniería en el mundo de los sistemas biológicos y de la materia viva, en nuevos campos como el de la biología sintética y la – metafóricamente- denominada vida artificial. Parece como si la ingeniería, que hizo un lugar común de la imaginación literaria de Jules Verne con proezas tecnológicas como la exploración del fondo del mar o la salida del hombre al espacio exterior, quisiera hacer lo propio con fantasías como la que narra Mary Godwing Shelley en su obra *Frankenstein or the Modern Prometheus* (1831), una historia imaginada en las largas y tediosas veladas de invierno a orillas del lago Lemán en compañía del Dr. Polidori.

Es la de la ingeniería una imaginación profana, del hombre para el hombre, una forma de humanismo en principio indiferente a las manifestaciones y exigencias de la metafísica o a lo que de puramente espiritual tiene el arte.

Es una imaginación proteica (cambia de forma, ideas o aspecto), telúrica (pertenece al mundo tangible, a lo terrenal) y demiúrgica (creadora y ordenadora del mundo). Es una imaginación individual y a la vez esencialmente colectiva, que hace y deshace la realidad del mundo moviéndola con «(...) vientos perennes de destrucción creadora» (Schumpeter, en palabras prestadas de Bakunin y Nietzsche).

Pero la sociedad actual se encuentra inmersa en un proceso de des-realización del mundo (Lageira), que plantea innumerables conflictos entre ficciones contemporáneas poderosas de naturaleza pseudo-científica, que prenden con fuerza en el ideario público de la mano de

una mercadotecnia de filiación política, y lo hacen desde aserciones motivadas en un afán de engaño interesado –tómese como ejemplo de pseudo-ciencia lo que llaman «la nueva cultura del agua». El ingeniero ha de usar también su imaginación racional para combatir resueltamente en el ámbito de la opinión y la imagen públicas a Pseudolus el charlista, al tiempo que rechaza con fuerza el papel del *homo sacer*, siguiendo la inteligente parábola de Giorgio Agamben. El ingeniero, en el uso público de su imaginación, parece condenado pero debe negarse a aceptar para sí esa obscura figura de la ley romana con la que se designaba a personas que podían ser excluidas de la vida política, ser incluso asesinadas (se entiende aquí y ahora mediáticamente) pero no pueden sacrificarse porque a la sociedad no le es posible prescindir de ellas.

La renuncia a la imaginación y sus estrategias puede llegar a tener en el caso de la ingeniería un efecto peor que el de kryptonita para Superman. Conducirá a la auto-anulación del ingeniero, a su conversión en *homo laborans* y en último extremo en una suerte de bestia. O tal vez en ángel de la melancolía en su descenso a los infiernos.

