Interrogar la Tecnología

Algunos fundamentos para un análisis crítico

GUSTAVO GIULIANO

nl nueva librería

Primera edición octubre de 2006

© Nueva Librería S.R.L.
Estados Unidos 301
(1101) Buenos Aires, Argentina
Tel.: 4362-9266
nuevalibreria@infovia.com.ar
www.nuevalibreria.com.ar

Diseño de tapa: Elisa Fernández
Diseño de interior: Silvia Ojeda

ISBN 10: 987-1104-
ISBN 13: 978-987-1104-

Reservados todos los derechos. Ninguna parte del material cubierto por esta obra puede ser reproducida, almacenada en un sistema de informática o transmitida de cualquier forma o por cualquier método electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros métodos sin el expreso permiso escrito del autor.

Hecho el depósito que marca la ley 11.723.

Impreso en Argentina – Printed in Argentina

A Sofía Zoé

Agradecimientos

Deseo expresar mi profundo agradecimiento al Dr. Ricardo J. Gómez, cuya cordial y erudita guía fue central para la concreción de este trabajo, al Ing. Horacio C. Reggini por su interés y convicción en la necesidad de que los ingenieros reflexionemos sobre nuestra actividad y a la Lic. Ana Lía Yahdjian por sus valiosas observaciones y sugerencias.

Inquiere si una cosa es necesaria
Especialmente si es común
En particular te pedimos:
Que no por esa razón pienses que es natural
No permitas que nada sea considerado natural
En una época de confusión sangrienta
Desorden ordenado, capricho planeado
Y humanidad deshumanizada, no vaya a ser que
Todas las cosas
Sean consideradas inalterables.

BERTOLT BRECHT

Índice

Prólogo / 13

Introducción / 17

Alcances y objetivos / 23

La cuestión de la demarcación / 27
- Ciencia, Técnica y Tecnología. Una cuestión de definiciones / 27
- Dos visiones antagónicas sobre la tecnología / 29
  - La visión de Joseph Pitt / 31
  - La visión de Fernando Broncano / 35

Una mirada desde la filosofía / 39
- José Ortega y Gasset y la "Meditación de la Técnica", 1939 / 40
- Martin Heidegger y "La Pregunta por la Técnica", 1954 / 42
- Jacques Ellul y "The Technological Order", 1963 / 45
- Lewis Mumford y "Techincs and the Nature of Man", 1966 / 49

Una mirada desde la epistemología / 53
- La tecnología según Mario Bunge / 53
  - La validación del conocimiento / 54
  - La relación entre reglas y leyes / 55
  - Los pronósticos tecnológicos / 57
- Los sistemas técnicos de Miguel Ángel Quintanilla / 57
  - Eficiencia y eficacia técnica / 60

Una mirada desde la sociología / 65
- La Construcción Social de la Tecnología / 66
- Equivalencias entre los programas empíricos EPOR y SCOT / 69

La teoría Actor Red / 72

Una mirada desde la política / 75
Las tecnologías como formas de vida / 76
La racionalización democrática / 77

Una mirada desde la religión / 81
La tecnología como instrumento de trascendencia / 81
El origen de las escuelas de ingeniería / 84

Una mirada desde la ingeniería / 87
Epistemología de la Ingeniería / 89
Categorías de conocimiento y actividades ingenieriles / 90
El progreso del conocimiento en ingeniería / 94
El enfoque histórico de Eugene Ferguson / 96
El enfoque etnográfico de Louis Bucciarelli / 101

Reflexiones y conclusiones / 105
Sobre la demarcación / 106
Sobre la autonomía y neutralidad / 109
Sobre las características de la ingeniería / 111
Conclusiones finales / 113

Bibliografía / 115

Prólogo

Existen opiniones encontradas acerca de la influencia de las nuevas tecnologías en la sociedad y en la cultura en general. Algunos piensan que la tecnología moderna es una especie de agente automático que actúa *per se* sobre la gente gracias a una naturaleza propia y que no queda más alternativa que adaptarse a ella; otros la adoptan de buen grado, de manera indiscriminada, sin analizar si realmente ella es necesaria o si produce un cambio positivo. En ambos casos se olvida que lo importante no es lo que las máquinas hacen para nosotros, sino lo que nosotros hacemos con ellas.

Estas posiciones no son nuevas; por el contrario, siempre que una nueva tecnología emerge y se introduce en la vida diaria, transformándose en una herramienta de uso común, se plantean discusiones similares. Las opiniones de dos escritores del siglo pasado constituyen un buen ejemplo. En 1851, cuando hacía poco se había popularizado el telégrafo, Nathaniel Hawthorne se refería a él con términos entusiastas: "Por medio de la electricidad, el mundo de la materia se ha convertido en un gran nervio, vibrando a lo largo de miles de millas en un instante efímero de tiempo. El globo terráqueo es ahora un enorme cerebro, imbuido de inteligencia."

En cambio, Henry David Thoreau, en su libro de 1854 Walden o la vida en los bosques, escribía: "Nos damos mucha prisa para construir un telégrafo entre Maine y Texas, pero Maine y Texas, tal vez, no tienen nada importante que comunicarse. Pareciera que lo importante fuera hablar con rapidez y no hablar sensatamente. Estamos anhelando tender un cable debajo del Atlántico para acercar en unas semanas el Viejo

Mundo al Nuevo; pero quizás una de las primeras noticias que lleguen al amplio y agitado oído americano, será que la princesa Adelaida tiene tos convulsa."

La fe ciega en los avances de la ciencia que, según los optimistas del siglo diecinueve, garantizaban el movimiento ascendente de las superestructuras del espíritu, se reveló lamentablemente utópica. La sociedad no es un cuerpo macizo en constante mejoría, en proceso de perfeccionamiento sin fin. Esta confianza en la razón se originaba en un pensamiento reductor y determinista que escindía al hombre y también al cosmos en vez de comprender la interrelación de todo con todo, como intuyó genialmente Pascal.

Una de las máximas preferidas por aquellos optimistas, y que todavía tiene predicamento, reza: "el tiempo es oro". Se cree que ahorrar tiempo es bueno; que la lentitud es negativa y la velocidad un valor supremo. Nadie ignora que los servicios de información de todo tipo se extienden a escala planetaria y las industrias de las telecomunicaciones han devenido las vedettes de la economía mundial, como sucedía con el protagonismo de los ferrocarriles hace 150 años. Gregorio Weinberg ha señalada al respecto: "La locomotora simbolizó de algún modo la furia, el ímpetu modernizante de los nuevos sectores dirigentes. El ferrocarril fue una realidad y también un mito; el progreso, sinónimo de locomotora o ferrocarril, dejó atrás las mulas y las carretas, y nuestros países comenzaron a experimentar, como se decía entonces, el vértigo de la velocidad." Los conceptos de Weinberg pueden desplazarse al presente trocando "locomotora" por "computadora" y "ferrocarriles" por "telecomunicaciones".

La tecnología pareciera adquirir a veces una dinámica propia. Es común creer que los caminos que siguen la ciencia y la tecnología están por encima de las personas, sus deseos o sus expectativas. La historia nos demuestra, sin embargo, que el desarrollo de las innovaciones está mucho más estrechamente relacionado con cuestiones políticas, sociales y económicas que con argumentos meramente técnicos. Toda innovación recorre en general senderos sinuosos que resultan primordialmente del uso particular que la gente hace de ella. La tecnología no se

aplica en un vacío social, independientemente de los valores y propósitos que conforman a la sociedad del momento, sino que está íntimamente marcada por las decisiones humanas. Es un lugar común decir que las revoluciones devoran a sus líderes porque, una vez puestas en marcha, resulta imposible controlar las fuerzas desatadas y se corre el riesgo de que se vuelvan en contra de quienes las liberaron.

El mundo actual está clamando por nuevas miradas que arrojen luz sobre el curso, confuso y enredado, de las cosas. El ejercicio de la ingeniería, entretejido con lo humano en su totalidad, necesita también esa elucidación por la mirada. La ingeniería está en plena transformación y depende, como nunca antes, de actividades diversas tornándose un imperativo su inserción reflexiva en el contexto cultural. En esta línea, este texto es una preciada invitación a comenzar esta apasionante travesía.

ING. HORACIO C. REGGINI

Miembro de número de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de la Academia Nacional de Educación y de la Academia Argentina de Letras.
Miembro titular de la Academia Argentina de Artes y Ciencias de la Comunicación y miembro correspondiente de la Academia de Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires.

Introducción

El magnífico estudio de Gustavo Giuliano acerca de tecnología es un claro y sistemático ejemplo paradigmático de una sensata aproximación crítica a la tecnología. Es, por añadidura, una muestra del importante lugar que debe tener hoy una defendible filosofía de la tecnología.

La filosofía, etimológicamente "amor a la sabiduría", presupone la aspiración a tomar conciencia de la necesidad de abordar críticamente una determinada área de la actividad humana y discutir acerca de ella las prescripciones normativas para que los humanos operen adecuadamente en ella. Sabiduría no sólo involucra conocimiento apropiado sino, además, capacidad para abordar las consecuencias del mismo de modo de hacerlas funcionales a una mejor y plena vida humana en solidaridad.

Es más: en toda educación que se precie de tal, debe haber hoy un lugar inalienable para tal estudio crítico de la tecnología. No sólo por las obvias consecuencias desastrosas globales de una descuidada utilización de la misma, sino por el modo en que ha llegado a dominar nuestro estilo de vida, el cual es hoy inconcebible sin ella.

No hay vuelta atrás, pues ello sería antihistórico y es claramente utópico pensar en la posibilidad de volver atrás la historia. Pero puede no haber "adelante" si no reflexionamos acerca de ella para concebirla, diseñarla, producirla y aplicarla mejor. Todo ello requiere de un sistema de valores a respetar cuya discusión desde múltiples perspectivas es cada vez más urgente e impostergable.

Si no fuera así, le daríamos la razón a dos de las peores versiones extremistas: a un tecnocratismo rústico y adormecedor que reduce toda

la razón humana a razón instrumental científico-tecnológica y que va de la mano a un estilo de vida donde "ser" es identificado con "tener" y bienestar es igualado a confort y consumismo, o a una postura anti-ciencia y anti-tecnología paralizadora de todo cambio y posible contribución científico-tecnológica para una vida mejor.

Todo ello es contemplado sagazmente en el estudio de Giuliano, el cual, luego de sintetizar claramente las principales preguntas y las más importantes versiones filosófico-críticas acerca de la tecnología, en general, y de la ingeniería, en particular, nos permite concluir las siguientes notas mínimas para un estudio crítico aceptable de la tecnología.

La tecnología no es un fin en si misma. Debería idealmente ser siempre medio para lograr mejoría económica, aumento en las libertades políticas y mayor bienestar social. Esto no significa que la tecnología sea meramente un medio. Es hoy el ámbito o entorno valorativamente cargado por lo político, lo social, lo económico y lo cultural donde se desarrollan nuestras vidas. A modo de ejemplo, cabe enfatizar el carácter relevante de sus relaciones con lo económico. Por una parte, la innovación tecnológica es imprescindible para el desarrollo de las sociedades de mercado, pues es el principal motor del aumento de la ganancia. Además, la dependencia del avance tecnológico en un determinado lugar es también obvia: por ejemplo, si el gobierno sobrevalúa la moneda, las empresas locales tendrán un incentivo para importar tecnología extranjera en vez de desarrollar su propia tecnología. Ni qué hablar de la relación con lo cultural. Por ejemplo, la transferencia de tecnología a un entorno conformado por una herencia histórica muy diferente y con otro sistema de valores, genera un tipo de alienación colectiva de notable magnitud.

Multidimensionalidad. Toda aproximación fructífera no distorsionadora a la tecnología debe contemplar no sólo la dimensión técnica, sino también la axiológica (acerca de los distintos valores pertinentes), epistemológica (sobre las características y estructura del conocimiento tecnológico), así como la de su incidencia política, social y cultural, muy especialmente lo que se ha de considerar proceder racionalmente en esos ámbitos.

Complejidad. Las anteriores notas hace muy compleja toda decisión en las instancias o etapas de concepción, diseño, producción y aplicación tecnológica para la cual no hay algoritmo decisorio, o sea no hay conjunto alguno de reglas que permitan mecánicamente establecer qué hacer.

Flexibilidad. Deben tomarse en cuenta siempre las circunstancias y condiciones de realizabilidad de dichas instancias, adaptando las pautas utilizadas al problema tratado y su contexto.

Externalismo. Los valores a tomar en cuenta en toda decisión tecnológica no pueden ser sólo los "interiores" a la tecnología (eficiencia, calidad, simplicidad, etc.) sino también "externos" a la misma, o sea, aquellos valores funcionales a una mejor vida en el entorno natural y social. El valor último, por ende, ha de ser la reproducción de la vida humana en plenitud y a largo plazo.

Interrelacionismo. Por una parte, con las ciencias sin desembocar en el endiosamiento de la tecnociencia ni de los programas de "investigación y desarrollo". Por otra parte, interrelación entre ser humano y naturaleza sin concebir a esta última como un mero depósito de recursos a ser explotados, ni mucho menos, un depósito de desechos.

No progresismo. Es decir, el de tipo rústico que identifica cambio deseable con obsolescencia planeada y progreso con mayor bienestar económico, sin negar la existencia de progreso tecnológico cuya caracterización es mucho más sutil.

Antireduccionismo. Léase, fuerte rechazo de la reducción de todo problema a problema científico o tecnológico y de la reducción de la razón humana a razón medio-fines, cuando lo más importante es la discusión racional de los fines, cosa que raramente se hace y se decide entonces usualmente en términos de diferencias de poder.

Pluralismo. Necesidad de una multiplicidad de perspectivas filosóficas acerca de la tecnología, lo que enfatiza la multidimensionalidad y complejidad de los problemas imposibles de ser abarcadas en una única y comprensiva aproximación filosófica.

Futurismo. Necesidad de nuevas versiones del conocimiento y de la ética para el futuro. Ahora, no se debe simplificar la ética limitándola a

las relaciones entre humanos, sino que debe abarcar los modos en que deben tratar los humanos a la naturaleza, en aras de que siga mejorando nuestra vida lo cual incluye la de nuestro entorno. La naturaleza humana, inclusive, no ha permanecido incambiada por la tecnología (desafíos y conquistas de la investigación genética). Lo mismo ha sucedido con el conocimiento y su sujeto. Las computadoras y su desarrollo, por ejemplo, han obligado a discutir en qué consiste la identidad individual así como el conocimiento, ahora materializado en bits de información y transformado en una mercancía más. Una filosofía plausible de la tecnología debe invitarnos a ser cada vez más prudentes y mejor informados en nuestras decisiones. Una norma ética deseable al respecto es que debe haber en el futuro un mundo adecuado para una humanidad merecedora del nombre "humano". Ello invita a un nuevo tipo de responsabilidad y de humildad producto no de nuestra pequeñez sino del enorme exceso de nuestro poder sobre nuestra capacidad de predecir y juzgar. La política no escapa a la necesidad de su renovación hacia el futuro. Hoy dicha política se ocupa básicamente del aquí y ahora casi inmediatos. Lamentablemente, el futuro no tiene fuerza política, y los aún no nacidos carecen de capacidad de lobby.

Conflictivismo. Es común que no haya consistencia sino conflicto de valores en la operatividad de la tecnología. Por ejemplo, la automatización de la producción es apropiada en cuanto al objetivo de maximizar ganancia, pero inapropiada para reducir desempleo. No es cuestión de disponer de tecnología e incrementarla, sino de tener y mejorar tecnología apropiada generando el menor número posible de conflictos entre valores.

Antifatalismo. La situación contemporánea no es resultado necesario de ningún desarrollo ineluctable con lógica inviolable alguna. Es fruto de decisiones políticas contingentes, buscando la mejor decisión dadas las circunstancias. La tecnología no está condenada a ser ni dañina exclusivamente ni panaceas para llevarnos a la felicidad última.

De ahí que la pregunta central para una filosofía hacia el futuro sea cuál es el sistema de valores definiendo el tipo de vida para nosotros y el planeta en que vivimos.

Para responderla, ¡aleluya!, no hay otra vez algoritmo decisorio ni solución única y última. Sólo cabe continuar con la reflexión crítica con la mayor participación posible de todos, poniéndonos siempre en guardia contra la lamentable frase del aún más lamentable Josef Stalin: "La tecnología resuelve todos los problemas".

Dr. Ricardo J. Gómez
California State University
Los Angeles

Alcances y objetivos

Este libro introductorio propone una búsqueda a través de diferentes corrientes de pensamiento del estado actual del conocimiento sobre la tecnología. Es a su vez un intento de sacar a la luz alternativas que permitan distintas maneras de relacionarse con el objeto técnico y a éste con la sociedad y la cultura. Llamativamente fueron muy pocos los filósofos y pensadores que dedicaron esfuerzo en esclarecer el cotidiano campo de la técnica y sus implicaciones directas sobre la humanidad. En cuanto a los tecnólogos, fue recién a partir de la segunda mitad del siglo XX que los ingenieros comenzaron a mostrar algún interés en reflexionar sobre las consecuencias de su saber. En Europa, luego de las atrocidades de la segunda guerra, a través del comité de "Humanidad y Tecnología" de la Asociación de Ingenieros Alemanes (VDI) y en Estados Unidos de Norteamérica con la creación de la Society for the History of Technology junto con la cual comenzó la publicación periódica de la revista "Technology and Culture".

Si bien en las últimas dos décadas se han generado contribuciones importantes, aún hoy numerosas preguntas relativas a la tecnología no cuentan con respuestas claras y permanecen alejadas de los ámbitos de formación técnica. Esta ausencia de reflexión crítica en una realidad cada vez más abrumada por los supuestos avances tecnológicos, no es meramente formal, sino que depara consecuencias peligrosas para el desarrollo social y humano. Interrogar a la tecnología en busca de respuestas que fundamenten la acción técnica se torna cada vez más imperioso:

¿Qué se entiende por tecnología? ¿Qué relación guarda con la ciencia? ¿Cómo se desarrolla su conocimiento? ¿Es políticamente neutral? ¿Cuáles son sus valores? ¿Tiene algún compromiso estético? ¿Cuáles son sus consecuencias sobre la cultura, la sociedad y el medioambiente? ¿Está teñida de ideología? ¿Tecnología para qué y para quiénes? ¿Ha devenido autónoma? ¿Ha perdido el rumbo? ¿Qué se entiende por progreso tecnológico? ¿Se ha convertido en una mera herramienta generadora de innovaciones útiles para el sistema económico hegemónico?

Como punto de partida para elaborar posibles respuestas a estos cuestionamientos, este trabajo avanza en el análisis de los tres ejes clásicos en donde se centran los estudios sobre la tecnología, estos son la demarcación con la ciencia, la supuesta autonomía de su desarrollo y la cuestión de la neutralidad valorativa. Por otra parte postula que la ingeniería, como sucede con la física para la filosofía de la ciencia, ocupa un lugar de especial relevancia dentro del universo tecnológico, por lo que la reflexión sobre esta disciplina se torna interesante de ser abordada en su problemática particular, con miras a poder transferir a la tecnología las enseñanzas que se obtengan de su estudio. Se marcha así a través de un abordaje plural de forma tal de lograr abarcar la complejidad temática, asumiendo que los enfoques epistemológicos, históricos y sociológicos de algunos autores permitirán ir más allá del pragmatismo clásico del sentido común. En otra línea, se sostiene que la complejidad epistémica de la ingeniería permite también estudiar la vinculación de la tecnología con la técnica clásica y con el arte, al notar que su conocimiento se encuentra en la confluencia de múltiples disciplinas científicas que le son presupuestas, como la física, la matemática y la química entre otras, y el saber hacer propio de las técnicas artesanales.

En el primer capítulo se aborda la escurridiza cuestión de la demarcación entre ciencia, técnica y tecnología y se analizan dos posiciones antagónicas, la de Joseph Pitt y la de Fernando Broncano. En la sección siguiente se introduce la mirada desde la filosofía, que se interroga por la esencia de la técnica y su aparente automatismo, incluyéndose aquí los pensamientos de José Ortega y Gasset expresados en su magnífica

"Meditación de la Técnica" y de Martin Heidegger incluidos en la misteriosa "Pregunta por la Tecnología", se hace una exposición de la visión desalentadora del teólogo francés Jacques Ellul y por último se realiza una aproximación a Lewis Mumford.

El capítulo siguiente está dedicado a la línea epistemológica que se pregunta por el tipo de conocimiento que subyace en la tecnología y que se preocupa por encontrar indicadores objetivos de progreso. Se recorren la posiciones sostenidas por Mario Bunge y Miguel Ángel Quintanilla, matizadas con algunos comentarios críticos extraídos de los trabajos de León Olivé. Seguidamente se aborda la mirada desde la sociología de la técnica y su interés por aprehender la vinculación cultural del proceso de diseño, básicamente los estudios empíricos de Webe Bijker y la escuela más radical de Bruno Latour.

A continuación se presenta una perspectiva de responsabilidad política y su pregunta por los efectos sociales de la tecnología, reinaugurada por Langdom Winner y Andrew Feenberg. Pasando brevemente por la erudita tesis de David Noble sobre la relación entre tecnología y religión, el recorrido culmina con un estudio sobre epistemología de la ingeniería desde la lectura de tres autores que se interrogan por su disciplina: Walter Vincenti, Eugene Ferguson y Louis Bucciarelli. Finalmente, en la etapa de las conclusiones, se aplican las características detectadas en el saber hacer del ingeniero para cuestionar las posiciones presentes entre las distintas visiones de la tecnología, buscando los acercamientos que permitan enunciar algunas directrices para avanzar hacia una posible síntesis.

El libro está dirigido a todas aquellas personas que sientan inquietudes por analizar el desarrollo y las consecuencias del avance tecnológico y está especialmente pensado para ser de utilidad a los estudiantes de las disciplinas técnicas, en tanto les pueda brindar un marco en el cual dar sentido a sus conocimientos instrumentales. En esta línea, y ante la escasa propuesta existente en español sobre la temática, se espera que este texto resulte de interés como bibliografía básica de materias introductorias a la ingeniería, a la metodología del aprendizaje y al conocimiento científico y tecnológico en general.

G.G.

La cuestión de la demarcación

Ciencia, Técnica y Tecnología. Una cuestión de definiciones

Cuando se comienza a profundizar sobre estos temas, la acumulación de lecturas pone rápidamente en evidencia una disparidad de criterios de demarcación entre lo que suele llamarse en el lenguaje coloquial ciencia, técnica y tecnología. Algunos autores prefieren no hablar de tecnologías sino sólo de técnicas, otros no utilizan el plural y hablan simplemente de técnica o de tecnología. La ciencia, a su vez pura (básica) o aplicada, se confunde con la tecnología y todas estas categorías varían a su vez con el período histórico analizado y con las diferentes concepciones de lo se supone "es" la ciencia. Semejante panorama lleva a plantear seriamente la cuestión acerca de si efectivamente, para pensar y actuar sobre estos temas, es necesario disponer de un criterio de demarcación preciso. Se trata de un problema epistemológico muy antiguo y, sin pretender profundizar en él, se considerará para seguir adelante que no es posible escaparse del relativismo del marco, esto es que las definiciones se deben entender siempre como intentos de comprensión referidos a un contexto histórico, cultural y/o ideológico en particular. Con esto presente resulta claro que la cuestión pasa ahora por elegir un marco y comenzar a trabajar dentro de él. Ahora bien ¿qué marco elegir y por qué? Héctor Ciapuscio, citando a Mc Ginn[1], dis-

1 Ciaspuscio, 1999, pp. 54-55.

tingue cuatro posibles ángulos desde dónde se pueden abarcar las cuestiones referidas a la ciencia y la tecnología:

Tecnología	Ciencia
Productos materiales de fabricación humana. Artefactos en sentido estricto.	Cuerpo de conocimientos organizados, bien fundado, sobre fenómenos naturales.
Complejo de conocimientos, métodos, materiales y artefactos utilizados en una cierta clase de técnica.	Campo de investigación sistemático de la naturaleza.
Como forma de actividad cultural humana que es practicada por los tecnólogos.	Como forma de actividad cultural humana que es practicada por los científicos.
Como la empresa de una sociedad que destina presupuesto y recursos en investigación, desarrollo, producción y operación de técnicas.	Como la empresa de una sociedad que destina presupuesto y recursos en la comprensión del mundo natural.

Tabla N° 1: posibles marcos de referencia para la cuestión de la demarcación.

Al no disponerse de una única definición universalmente consensuada ni para la ciencia ni para la tecnología, resulta evidente que existirá más de una respuesta posible al problema de la demarcación, de hecho podrán surgir tantas como combinaciones posibles existan de las diferentes concepciones de estos términos. Así puede llegarse racionalmente a conclusiones contradictorias: no hay diferencias entre ambas, existen diferencias de naturaleza y no de método, son actividades jerárquicamente diferentes, son independientes, son interdependientes, la

tecnología es ciencia aplicada, la ciencia es tecnología teórica y así siguiendo. Se está ante el clásico problema del silogismo, es decir que nada se puede decir de la verdad de la conclusión sin antes asegurar la verdad de las premisas, sólo se puede opinar sobre lo correcto del mecanismo deductivo. Podría graficarse entonces el problema de la relación ciencia-tecnología empleando diagramas de Euler-Venn donde quedan explícitas las cinco posibles alternativas que abarcan desde la exclusión mutua hasta la subsunción completa, como se muestra en la figura 1.

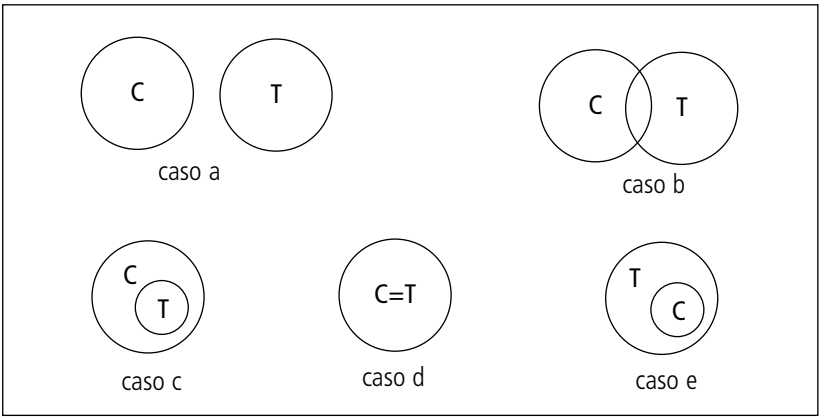

FIGURA N° 1: las cinco posibles relaciones entre ciencia y tecnología.

Dos visiones antagónicas sobre la tecnología

Dejando en claro la relatividad presente en cualquier elección del marco de referencia y con el fin de ilustrarla, se avanzará en en el análisis de dos posturas antagónicas: la de Joseph Pitt y la de Fernando Broncano. La elección de estos dos autores se sustenta además en el interés particular de analizar dos posibles relaciones, muy difundidas, que vinculan la ciencia y la tecnología:

1) la que considera que la tecnología y la ciencia emplean formas de conocimiento diferentes;
2) la que considera que la tecnología es ciencia aplicada y por lo tanto comparten una estructura en común.

La primera de ellas suele ser defendida por los historiadores de las técnicas quienes han encontrado en el desarrollo de las ideas y la concepción de los diseños más radicales una antelación de éstos a las explicaciones científicas sobre su funcionamiento[2]. Otra defensa hace uso de la diferencia entre los objetivos perseguidos por ambas disciplinas; como la tecnología busca la construcción de artefactos eficaces y eficientes, no se pueda dar el lujo de que sus resultados sean falsables o hipotéticos como sucede con la ciencia, sino que muy por el contrario debe garantizar su fiabilidad, hecho que necesariamente implica una diferencia metodológica entre ambas. El método de ensayo y error y de ajuste por aproximaciones sucesivas, jugaría entre los ingenieros un rol determinante en la invención, fabricación y puesta en funcionamiento de los artefactos. La segunda, ubicada en el extremo opuesto, ha alcanzado un grado de consenso muy alto entre los propios tecnólogos y entre algunos filósofos de la tecnología derivados de la epistemología de la ciencia. Las reglas pragmáticas que aparecen en la tecnología y que ordenan o prescriben acciones, se derivan, sostienen, del conocimiento acerca del comportamiento de los sistemas que nos brinda la ciencia. El "saber cómo hacer" se diferencia del "saber hacer", ya que conocimiento y habilidad son dos dimensiones presentes en las acciones tecnológicas que transcurren en ejes diferentes, el cognoscitivo y el de la acción[3].

2 Un buen ejemplo utilizado por los defensores de esta postura se encuentra en el desarrollo del triodo de vacío por Lee De Forest en 1906, con el cual se da comienzo a la revolución de la electrónica. Esta invención antecedió a la comprensión científica del fenómeno involucrado (la emisión termoiónica), debida a Thompson algunos años después. Ver Jacomy, 1992, pp. 313-314.

3 Quintanilla, 1991, p. 41.

La visión de Joseph Pitt

En su libro "Thinking about Technology" Joseph Pitt insiste en la importancia de realizar un enfoque epistemológico sobre las cuestiones tecnológicas que permita trascender las críticas sociológicas e ideológicas que suelen hacérsele. Para poder ir más allá de estas críticas se debe empezar por evitar el uso de dos concepciones muy empleadas que serían erróneas: la idea de que la tecnología "es una sola cosa" y la idea de que es fundamentalmente dependiente de la ciencia. En lo metodológico, y ante la indeterminación que subyace entre la evidencia y la teoría, reconoce que la mejor vía para aproximarse a la comprensión del conocimiento que detenta en la tecnología es el abordaje operacional y pragmático, entendiendo a éste como el análisis de la capacidad técnica de realizar acciones eficaces: para intentar comprender la diversidad tecnológica es preferible el análisis de métodos exitosos en lugar de la búsqueda de proposiciones universalmente verdaderas[4]. Respecto a la relación existente entre ciencia y tecnología sugiere que se suelen sostener tres conjeturas también erradas que llevan a falsas conclusiones:

1) la de que es posible una distinción entre conocimiento teórico y aplicado, dónde la ciencia representaría el lado teórico o "puro";
2) la de la existencia de un orden jerárquico que coloca al conocimiento teórico como superior al aplicado;
3) la que caracteriza a la tecnología como conocimiento aplicado.

Según su forma de ver las cosas, ni la ciencia es conocimiento puro, ni la tecnología es conocimiento aplicado, ni tiene sentido atribuir orden jerárquico alguno a estos asuntos. Desde su enfoque, la ciencia no es "pura" desde el momento en que utiliza teorías y éstas a su vez se basan en hipótesis, las que a su vez acarrean preconcepciones que varían a lo largo del tiempo. Tampoco cree que pueda ser considerada "pura" en el

4 Pitt, 2000, p. XII

sentido de que busca el conocimiento por el conocimiento mismo, ya que considera que esta posición no se puede sostener mientras se acepte que la producción de conocimiento está fuertemente fundada en una compleja actividad comunitaria atravesada por múltiples intereses. Con referencia al supuesto de que la tecnología es ciencia aplicada, argumenta que esta posición es incompatible con los estudios históricos que han demostrado en numerosos campos que la construcción y utilización de artefactos y complejos sistemas tecnológicos o bien han antecedido a las explicaciones científicas sobre su funcionamiento, o bien no se basan en conocimiento científico alguno[5]. Por otra parte, si se considera a la tecnología en un sentido amplio, que no se agota en los instrumentos utilizados por los científicos sino que abarca también a su infraestructura burocrática en tanto herramienta para un fin, se llega contrariamente a la conclusión inversa de que la ciencia es dependiente de la tecnología. Concluye:

> "If anything, the relation between science and technology is symbiotic and mutually nurturing, with theory and mechanisms feeding on and fueling each other under the influence of and in response to a variety of cognitive, social, and economic pressures." (Pitt, 2000, p. 6) **A.1**

Por otra parte, rechaza la definición que caracteriza a la tecnología como "la organización del conocimiento para la obtención de propósitos prácticos"[6] ya que considera, como se dijo, que para él no existe conocimiento puro en abstracto sino que siempre el conocimiento persigue alcanzar algún fin práctico; luego, quitando la redundancia, la definición mencionada resulta reducida a "la organización del conocimiento". Sin embargo el conocimiento es por definición organizado, luego, "tecnología es conocimiento" construcción que no ayuda demasiado a avanzar en la cuestión. En busca de una nueva definición que abarque la

5 Pitt menciona al telescopio de Galileo y a la red vial y de acueductos romanos.
6 Debida a Emmanuel Mesthene.

complejidad multidimensional que le atribuye, llega, mediante la siguiente secuencia, a su definición amplia:

- Una herramienta es un mecanismo cualquiera (no necesariamente material).
- Tecnología es el uso de herramientas para lograr fines específicos.
- Luego, la raza humana cuando trabaja hace uso de herramientas.
- Tecnología es humanidad trabajando.

La primera impresión es que esta definición por ser tan abarcativa y general resulta inútil. Sin embargo Pitt enfatiza que no lo es, sino que muy por el contrario resulta la clave para comenzar a construir la caracterización del concepto buscado. Una característica saliente es que distingue entre las herramientas y su uso:

> "The tools themselves are not the technology; it is the use to witch they have been put that marks out a technology, and it is people who do the putting to some use for some purpose." (Pitt, 2000, p. 12) **A.2**

En cuanto a lo que considera como "trabajo" para su definición de tecnología limita este concepto al "diseño y producción en forma deliberada de los medios que permitan manipular el entorno para satisfacer las necesidades y los propósitos humanos."

Volviendo a la relación entre ciencia y tecnología, Pitt no sólo se queda con la explicación derivada de los estudios históricos, sino que insiste en buscar una relación conceptual, epistemológica, a través de la cual demostrar no sólo que la tecnología no es ciencia aplicada sino que el conocimiento tecnológico antecede al científico en el sentido de que no sería posible la ciencia moderna sin la herramienta tecnológica que sustenta su infraestructura formal actual. La estrategia que adopta para demostrar esta relación consiste en buscar la contraparte tecnológica de los conceptos utilizados por los estudiosos de la ciencia y ver que correlato guardan entre sí; de no existir semejanza, la tecnología no podría

reducirse a la ciencia. No se procederá en este trabajo a realizar todo el recorrido, el que está muy bien expuesto en su libro[7], pero sí se adelanta el resultado: no encuentra semejanza en ninguno de los conceptos analizados. Para poner en práctica esta metodología de análisis reconoce en el ingeniero a la contraparte de la figura del científico; como sucede en ciencia, la ingeniería no es "una sola" sino que se divide en varias especialidades, así como también existen asociaciones y publicaciones específicas que agrupan a los ingenieros como comunidad. Llega a las siguientes conclusiones:

1) No existe contraparte con los cambios sufridos en la organización de la ciencia luego de la segunda guerra mundial (pequeña ciencia vs. gran ciencia, según Price). Las instituciones tecnológicas ya estaban maduras para esa época.
2) Los grandes proyectos de ingeniería que requieren para su instrumentación del trabajo mancomunado de grandes grupos, son anteriores a la gran ciencia posterior a la segunda guerra.
3) La naturaleza del conocimiento científico es teoría-dependiente y es desarrollado para entender cómo es el mundo. La naturaleza del conocimiento tecnológico es tarea-dependiente y es desarrollado para resolver problemas específicos a través de la construcción de artefactos.
4) El conocimiento en ingeniería es transportable entre paradigmas ("cookbook engineering"), mientras que el científico no lo es (inconmensurabilidad).
5) La explicación tecnológica y la explicación técnica difieren de la científica. Mientras esta última busca encontrar relaciones causales de aplicación universal, la explicación tecnológica se refiere –en función de la definición elegida– a la relación y al comportamiento entre las personas. Por último la explicación técnica busca

7 Pitt, 2000, capítulos 3 y 4.

entender fenómenos particulares sin pretender universalidad (por qué se cayó tal puente, por qué funciona tal máquina, por qué se produjo tal consecuencia no deseada).

6) El proceso de diseño –contraparte del método científico– es un complejo de decisiones técnicas y de gerenciamiento que se influyen mutuamente y que por lo general se aleja de la imagen de comportamiento racional que se le atribuye a la actividad científica. Pitt llama a esto "el Mito del Ingeniero".

Finalmente se atreve a postular que es la ciencia quien depende de la tecnología, ya que la investigación científica es sólo una forma de "humanidad trabajando" y por ende queda inevitablemente subsumida por ésta.

La visión de Fernando Broncano

En busca de una clave para abordar el tema, Fernando Broncano, en su texto "Mundos Artficiales", procura encontrar una característica que identifique a la tecnología del resto de las actividades cercanas con la que se confunde. Postula que ésta es "su capacidad de abrir posibilidades y crear oportunidades". La tecnología es ante todo un espacio de alternativas posibles, que, a diferencia de las técnicas, está conformado por un sistema de instituciones que no ha existido siempre, sino que es un producto de la sociedad contemporánea constituido con los materiales de otras instituciones pre-existentes. Según él, la tecnología también conlleva un modo especial de representación de la acción futura, "la representación puesta a prueba mediante conjeturas y refutaciones", lo que lleva a pensar que Broncano pretende sostener un paralelismo con el método de la ciencia defendido por Karl Popper. Haciendo alusión a las posturas que afirman la existencia entre ciencia y tecnología de diferencias metodológicas y en la naturaleza del conocimiento, Broncano toma una posición clara, si bien no desarrolla –al menos en el trabajo analizado– una justificación muy elaborada sobre la misma:

> "Estas dos posiciones tienen una parte de verdad y otra de error. La primera tiene razón cuando insiste en que la ciencia y la tecnología se distinguen radicalmente por sus distintos objetivos, la explicación en un caso y la transformación práctica en el otro; tiene razón también cuando insiste en los diversos valores que usamos para evaluar una y otra, pero yerra cuando afirma que se produce una diferencia en el método. Al contrario, la forma de innovación que introduce la tecnología es la aplicación del método científico a la praxis humana." (Broncano, 2000, p. 87)

Respecto a la diferencia de objetivos, sostiene que si bien es cierto que una persigue la fiabilidad de sus artefactos y la otra la capacidad explicativa, esto no lleva necesariamente a una diferencia metodológica. De hecho, argumenta, la tecnología hace uso de las teorías fiables desarrolladas por la ciencia las cuales son el resultado de los avances científicos que, en una búsqueda constante de mayor verosimilitud, delimitan cada vez mejor el campo de acción de las teorías más antiguas así como identifican con más precisión sus limitaciones. En cuanto a los valores, por ejemplo eficiencia vs. verosimilitud, no invalidaría el compartir una misma metodología interna, entre la que destaca la construcción de modelos, que en el caso de la tecnología servirían para corroborar la fiabilidad de los artefactos. De todas maneras no queda en claro qué es lo que entiende por método, ya que en una nueva estrategia para justificar su hipótesis dice:

> "Si entendemos método como baterías de control de calidad, teóricas en una, prácticas en la otra, las diferencias entre ciencia y tecnología no se encontrarán en el método, no al menos en mayor grado del que las diferentes ciencias difieren entre sí." (Broncano, 2000, p. 88)

Tampoco considera suficiente para abandonar su postura la existencia en tecnología de reglas nomopragmáticas[8], ya que considera que las

8 Reglas que ordenan o prescriben acciones sobre un sistema para conseguir un objetivo. Ver Bunge, 1983.

mismas se derivan del conocimiento que nos brinda la ciencia aplicada sobre el comportamiento de los estados futuros de un sistema. Si bien reconoce que existe una diferencia en cuanto a las propiedades del conocimiento que poseen, esto es que la tecnología transforma la realidad mientras que la ciencia sólo cambia las representaciones de la realidad, aduce que esta diferencia no radica en el conocimiento implicado en las acciones sino en las características de los productos de estas acciones, es decir, en las características de los artefactos. Respecto de la naturaleza del conocimiento también desestima como poco importante para una demarcación precisa las características no proposicionales –know kow– que se atribuyen a la tecnología, ya que considera que muchas ciencias también requieren y hacen uso de habilidades semejantes. Concluye: no hay pues diferencia en el método o en la naturaleza del conocimiento, las diferencias están en los productos[9].

Broncano diferencia a la tecnología de las que llama "ciencias de lo artificial" entre las que incluye por ejemplo las teorías matemáticas de planificación económica y social, la inteligencia artificial y la investigación operativa. Si bien considera que son instrumentos desarrollados dentro de un contexto de investigación ingenieril, no pueden ser considerados tecnología ya que trabajan con objetos abstractos y no transforman la realidad –al menos como objetivo principal– sino que transforman la información. Además, sus resultados son utilizados tanto por la ciencia como por la tecnología. Por último, y en cuanto a las diferencias entre técnica y tecnología, argumenta que la relación que existe entre ambas es la misma que la que se desarrolla mediante un ciego proceso de ensayo y error y el conocimiento científico maduro, organizado en complejos programas de investigación:

> "La tecnología significa el paso de un modo simple de comportamiento racional a un complejo institucional en el que la planificación, la innovación y el control ya nos son patrimonio de las personas particulares sino

9 Broncano, 2000, p. 91.

> en cuanto éstas forman parte de instituciones. Las diferencias están en la escala, en la división social del trabajo, en la composición de los planes, en el conocimiento incorporado y en la complejidad del sujeto que produce tecnología." (Broncano, 2000, p. 97)

Este cambio estuvo profundamente relacionado con la emergencia de la actividad del diseño, entendiendo a éste como el desarrollo de un lenguaje abstracto simbólico y de dibujos que permite representaciones precisas de los artefactos así como realizar modificaciones sin necesidad de construir el objeto.

Reflexiones y conclusiones

Me he cuidado durante el desarrollo de todo el trabajo de mantener una redacción impersonal queriendo simbolizar con ello mi esfuerzo por hacer una lectura lo más imparcial posible del material estudiado. Sin embargo, a la altura de las reflexiones y conclusiones finales, es hora de tomar la primera persona significando con ello que las mismas están sin duda, y creo que no puede ser de otra manera, teñidas por mi manera de entender el mundo y mi propia experiencia como ingeniero con más de diez años de ejercicio de la profesión.

He intentado poner en evidencia en las secciones anteriores que es posible llegar a conclusiones diferentes sobre lo que se entiende por tecnología y la relación que ésta guarda con la ciencia y el conjunto de los fenómenos sociales. Pareciera que dependiendo del punto de partida, y quizás de las intenciones del autor, es posible concluir tanto que la ciencia engloba a la tecnología como su inversa, que es autónoma o que su desarrollo depende del contexto en el cual se encuentra inserta, que es neutral o que no lo es. Dentro de este aparente relativismo intentaré en estas conclusiones buscar una posición que no caiga en la tentación de los extremos sino que rescate lo que a mi juicio son los aciertos de cada una de ellas, en un contexto de pluralidad.

Sobre la demarcación

Aún aceptando que no existe un criterio absoluto de demarcación entre ciencia y tecnología, se puede avanzar en algunas cuestiones si se fija la atención en las características del término "aplicada". Si independientemente de lo que entendamos por ciencia, entendemos por "ciencia aplicada" justamente a eso, es decir a la ciencia con alguna aplicación, resulta claro que ésta es un subconjunto de la ciencia, aquel que se supone permitirá alcanzar propósitos prácticos de interés[44]. Por otra parte si entendemos por tecnología a aquella parte de los sistemas técnicos que utilizan, entre otras cosas, los principios descubiertos por la ciencia aplicada, resulta también evidente que la tecnología es un subconjunto de la técnica, independientemente de lo que se entienda exhaustivamente por ésta. La ciencia aplicada y la tecnología se convierten así en una suerte de puente que permite vincular a la técnica con la ciencia. En la figura 4 ensayo una posible vinculación entre ciencia, técnica y arte menos radical que la subsunción de una por la otra y como actuarían estas categorías en la generación de nuevos artefactos, algunos de los cuales pueden realimentarse sobre los conjuntos de origen. Debe tenerse en cuenta que las categorías que allí aparecen mencionadas deben siempre entenderse en relación al marco histórico y social que le da sentido, relativo, de tales.

En este modelo, uno de los roles que juega la ciencia aplicada sobre la técnica es permitir acortar los tiempos involucrados en la consecución de un artefacto o artificio máximamente eficiente y eficaz en términos ingenieriles. Si bien el estudio de la ingeniería nos enseña que la simplificación de los modelos teóricos implícitos en la metodología científica –necesaria para permitir el abordaje analítico-matemático–, torna insuficientes a éstos para alcanzar por sí solos la eficiencia máxima ingenieril, también nos hablan que a través de la ciencia es posible abreviar los tiempos involucrados en un nuevo diseño. En un caso límite puede llegar incluso a proponer un nuevo artefacto cuya factibiidad muy difícil-

44 Ver Feibleman, 1983.

mente hubiera salido a la luz sin su intervención[45]. Dicho en otros términos, la ciencia, que permite conocer mejor "lo que es" en la naturaleza, es utilizada para alcanzar más velozmente "lo que será" de nuevo en ella[46].

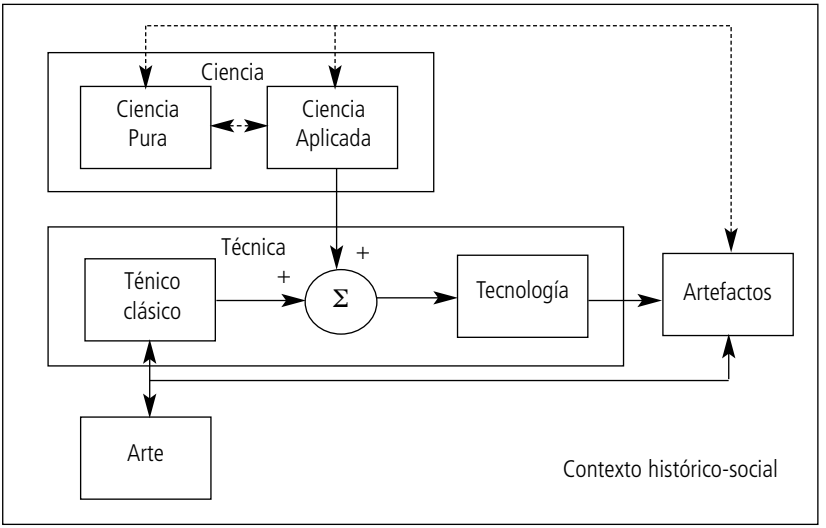

Figura 4: una posible vinculación entre ciencia, técnica y arte.

Con esta demarcación amplia entiendo que se hace posible abordar la escurridiza cuestión de la relación entre ciencia, técnica y tecnología admitiendo por un lado la tesis de los constructivistas, según la cual no sólo no es necesario disponer de definiciones precisas sino que tampoco es posible ya que se trata de actividades sociales y culturales de límí-

45 La que necesita siempre de un ajuste final mediante modelado empírico sea este realizado a través de maquetas, modelos a escala, prototipos reales o de sofisticados programas de emulación numérica por computadora. Como el Análisis Modal o el Método de los Elementos Finitos.

46 Ver Skolimowsky, 1983.

tes difusos y circunstanciales, pero admitiendo también la existencia de ciertos puntos de anclaje. Si bien se puede pensar la realidad como una tela sin costuras en la que redes formadas por humanos y no-humanos interactúan entre sí generando controversias y acuerdos, hay que considerar también la existencia de constricciones tanto naturales como construidas que quitan grados de libertad: no cualquier demarcación es posible ni todos los agentes son iguales y tienen las mismas jerarquías y responsabilidades. Rescato también la defensa de la posición empírica, que me parece acertada en su aseveración de que el principio de causalidad que permite la aplicación de una metodología hipotético-deductiva, no es en realidad aplicable a los hechos sociales y complejos ya que no puede dar cuenta del proceso multidireccional de controversias y estabilización, sino que debe asumir que los acontecimientos se suceden de forma unívoca y lineal. También me parece interesante la propuesta de Bijker de introducir el concepto amplio de "marco tecnológico" para permitir capturar esta no linealidad característica del proceso científico y tecnológico que es ilustrada por "las dos caras de Jano" en los textos de Latour. Según ella, este marco va sufriendo transformaciones a medida que se desarrolla el proceso de estabilización de un artefacto o sistema, pero a su vez es responsable del estado anterior, es decir que existe una relación de realimentación entre ellos: el marco tecnológico es el responsable de la forma inicial de un artefacto y de la identificación de problemas, cuya solución da lugar a un nuevo diseño el que a su vez modifica el marco tecnológico, y así sucesivamente hasta que se alcanza la estabilización, la que sucede cuando el proceso es convergente. En el caso de no obtenerse el equilibrio, el artefacto no ha sido exitoso y no llega nunca a convertirse en una innovación tecnológica. Se observa así el cumplimiento del principio de simetría en el hecho de que una misma explicación es utilizada tanto para los éxitos como para los fracasos.

Sin embargo, pareciera surgir una contradicción entre la presunción de poder independizarse de los criterios de demarcación y la necesidad de realizar una selección de los "casos empíricos paradigmáticos" para lo cual es necesario disponer de alguna definición o acuerdo que les

pueda dar significado de tales: ¿Por qué la bicicleta, la baquelita o el tubo fluorescente son artefactos tecnológicamente representativos? La respuesta de que se trata de aplicar el "sentido común" pareciera no ser suficiente y es aquí donde creo que es de utilidad la demarcación amplia propuesta junto con los puntos de anclaje.

Por último me parece interesante resaltar que a diferencia del determinismo tecnológico que a lo sumo admite la dimensión social en el sentido causal unidireccional del impacto que ésta ocasiona en la cultura o en el medioambiente, la posición constructivista rescata y pone además en evidencia la relación causal inversa, al relatar como actúa la sociedad en el modelado de artefactos y sistemas. Como tal, creo que representa un complemento de mucha utilidad para comprender la complejidad del proceso tecnológico, el que está imbricado por múltiples facetas que abarcan en una relación de interdependencia las esferas de lo social, lo político, lo económico, lo técnico y lo científico, entendiendo que en ellas subyacen tanto cuestiones sociales como naturales.

Sobre la autonomía y neutralidad

Se puede observar entre los pensadores vinculados con la filosofía y las humanidades una tendencia a reconocer en el desarrollo de la tecnología claros aspectos negativos. Sin ser, desde ya, simples fatalistas, Ortega, Heidegger, Ellul y Mumford reconocen en la técnica, cada uno a su manera y en un sentido nada trivial, algo de alienación en cuanto a que la misma ha perdido su intencionalidad original de ser herramienta de progreso social y por el contrario ha devenido autónoma y autorreferenciada. Sea por el temor a que sus ilimitadas posibilidades termine "vaciando la vida" del hombre, sea por el peligro supremo del "desocultar compulsivo", sea por que se ha transformado en un nuevo "milieu" en el que la sociedad ha quedado esclavizada o por la amenaza autoritaria de la "megamáquina", estos autores, sin dejar de reconocer la importancia del hacer técnico para la vida así como la imposi-

bilidad y necedad de pretender volver al pasado, no pueden dejar de alertar sobre las consecuencias nocivas de este tipo de obrar. Tampoco se quedan en la mera crítica descriptiva –por lo que no son deterministas-fatalistas– sino que proponen diferentes posibles vías de escape. Ortega y su insistencia en enfatizar el carácter de mero medio para un fin superior, el de la vida, al que debe ajustarse; Heidegger y la necesidad de ahuyentar el puro razonamiento instrumental y calculador para condicionar el desocultar también a fines superiores; Ellul y lo imperioso de proveer a la técnica de control moral y espiritual; y finalmente Mumford y el desarticulado de la megamáquina en pos de una técnica más democrática y factible de control humano.

Si bien los argumentos utilizados por estos pensadores son de peso y no resultan fáciles de refutar, pierden solidez cuando se los enmarca en el terreno de lo político como señalan Winner y Feenberg. Por sobre los imperativos tecnológicos es posible pregonar una posición que inste a dejar de adorar a la eficiencia como criterio de progreso y a dar un rol más preponderante a los valores de justicia social, igualdad y bien común que deben ser propios de una sociedad democrática, evaluando las infraestructuras materiales y sociales que crean las tecnologías específicas para la actividad cotidiana. Como entiendo señala muy bien Olivé, aún dentro del modelo estructuralista de Quintanilla –la tecnología como sistema de acciones intencionales– no puede dejar de soslayarse el marco contextual: si hay acciones, agentes e intenciones, entonces hay política.

Esta consideración lleva inexorablemente a la cuestión de la supuesta neutralidad de los objetos técnicos argumentada por los optimistas tecnológicos. La crítica más obvia a este enunciado parte de la cuestión de que son las personas y no las cosas las que pueden ejercitar la política: el problema no está en la técnica sino en aquel que hace uso (o mal uso) de ella o en el sistema económico-social en el cual está inserta. Si bien esto lleva parte de razón, una vuelta más permite adentrase sobre la etapa misma de diseño y concluir que si hay intencionalidad en el futuro uso del objeto ésta se va a ver necesariamente reflejada en las características internas del propio artefacto o artificio dejando, por ende, de ser neutral

ya que el objeto debe ser funcional a sus objetivos. Como sostienen los constructivistas, se trata de un proceso social progresivo en el cual el conocimiento, la invención tecnológica y los intereses políticos y económicos se fortalecen el uno al otro formando patrones profundamente arraigados.

Resumiendo, la crítica de los filósofos estudiados, fuerte si se considera a la tecnología como un ente aislado, pierde solidez al enmarcarse en la arena política[47]. Afirmar su autonomía implicaría caer automáticamente en la falacia naturalista. Negar la posibilidad de su control implicaría negar a la humanidad la posibilidad de ejercitar la política y el pensamiento crítico. De todas formas creo que sus advertencias no son en absoluto vanas ni triviales, por sobre las lecturas ingenuas y simplistas alertan sobre la importancia del cuestionamiento de los fines por sobre lo sólo instrumental, posicionando en primer lugar la reflexión sobre los mecanismos y valores inherentes en el desocultar por sobre la contemplación y el análisis *a posteriori* de sus consecuencias.

Sobre las características de la ingeniería

Si bien es claro que la ingeniería es sólo una de las ramas tecnológicas actuales, una caracterización adecuada de la tecnología debería al menos incluir las propiedades epistemológicas de esta disciplina. Los estudios aquí analizados sobre este tema y mi experiencia personal, me permiten reconocer en la labor y conocimientos del ingeniero mucho más que la sola presencia de ciencia aplicada, sin por ello dejar de admitir que la metodología y resultados de la ciencia son de utilidad para el diseño de artefactos. La existencia de un lenguaje simbólico especial, la importancia del aprendizaje no verbal, la necesidad de la experiencia práctica concreta, el desarrollo de técnicas específicas muchas de ellas empíricas, la organización en estructuras jerárquicas y multinivel, la metodología del análisis de fallas, la creatividad artística, son todas face-

47 Ver Gómez, 1997.

tas necesarias para la concreción de objetos que funcionen. No se trata de que las apreciaciones de Bunge sean erradas sino que son insuficientes. Entiendo que es correcta su apreciación respecto a la existencia de teorías substantivas y reglas nomopragmáticas pero, como sostiene Bucciarelli, estas operan dentro de pequeños mundos y se deben articular con otras formas de conocimiento y de acciones sociales. El proceso de toma de decisiones, sin ser irracional, responde a una dinámica de negociación compleja en la que diferentes ingredientes se combinan de manera difusa, no unívoca, pudiendo muchas veces obtenerse idénticos resultados con diseños muy diferentes.

El desempeñarse dentro de ambientes donde reina la incertidumbre es otra de las condiciones de contorno que han moldeado el saber ingenieril y que le han dado sus particularidades. El imperativo sobre la eficacia y eficiencia del objeto combinado con el conocimiento muchas veces incierto de sus componentes reflejan una realidad muy alejada de la de la ciencia, donde las teorías pueden fallar y las condiciones de borde pueden, la mayoría de las veces, ser controladas con mucha rigurosidad y tranquilidad. El saber hacer con la incertidumbre, el poder obtener un resultado concreto en un tiempo limitado partiendo de condiciones iniciales difusas, es quizás una de las principales características distintivas de la tarea del ingeniero.

En definitiva, el estudio de la ingeniería no hace más que reforzar las conclusiones ya enunciadas respecto al carácter social presente en la tecnología. No sólo el ambiente exterior condiciona la etapa de diseño, producción y operación de un determinado artefacto o sistema, sino que en la propia lógica interna también intervienen procesos sociales. El factor económico juega la mayoría de las veces un papel central y la asignación de presupuesto a un determinado proyecto –en detrimento de otro– muchas veces se dirime en el terreno político donde la buena retórica pasa a ser un recurso esencial de mucha mayor relevancia que las objetivas leyes de la ciencia.

Conclusiones finales

1. No es posible resolver la cuestión de la demarcación ciencia-tecnología de manera única. Ante los dos tipos de extremismos enunciados se sugiere optar por una posición intermedia en la que la tecnología es entendida como el nexo entre la ciencia y la técnica ambas vistas en forma general y sin demasiadas precisiones, como se graficó en la figura 4. Esta posición es suficiente para apoyar el ulterior abordaje analítico y empírico en cuanto a que proporciona una base razonable para la aplicación del "sentido común" utilizado para la elección de los casos representativos de estudio.
2. Se debe entender a la tecnología en sentido amplio, no sólo como máquinas, artefactos y artificios sino como sistemas complejos que involucran a las organizaciones y a las personas en tanto agentes portadores de intenciones, conocimientos y habilidades.
3. En esta línea se desprende que la aplicación de la ciencia es sólo una parte del saber tecnológico. Esto no significa de ninguna manera que la misma no represente ningún rol sino que éste no es ni único ni necesariamente el más importante.
4. La tecnología no puede aislarse de su época sino que la contextualización resulta fundamental para entender el proceso tecnológico. Los estudios históricos, como los de Vincenti y Ferguson, son particularmente iluminadores en revelar esta compleja dependencia presente en el proceso de diseño.
5. Por otra parte, el diseño es un proceso social que involucra una constante y difícil negociación entre diferentes actores y sus mundos objetivos, como se pone muy bien de manifiesto en los estudios etnográficos de Bucciarelli.
6. Además este proceso no se reduce sólo a las relaciones internas del grupo de trabajo sino que el diseño está también condicionado por las relaciones con los diversos grupos sociales con los

que interactúa el objeto o sistema tecnológico, como revelan los estudios de Bijker, Pinch y Callon entre otros.

7. Lo anterior no niega la existencia de aspectos de índole natural que funcionan como mecanismos de constricción al relativismo constructivista.
8. La existencia de aspectos tanto construidos como naturales lleva a abandonar la idea de que es posible una valoración solamente interna de la tecnología como pretende Quintanilla y que es apropiadamente denunciada por Olivé.
9. Se deben evitar los reduccionismos de los optimistas tecnológicos. La tecnología no proporciona por ella misma un avance constante para la humanidad. Si bien es fuente posible de solución de necesidades y problemas se debe considerar que también puede generar otros nuevos. La racionalidad instrumental eficientista no es la única posible de ser aplicada como criterio de progreso y la tan mentada eficiencia debe ser evaluada en sus múltiples dimensiones.
10. Se deben evitar también los reduccionismos de los pesimistas tecnológicos en cuanto a que niegan la posibilidad del control de la tecnología y por ende condenan al sujeto a un papel de mero espectador negando así su capacidad de ser agente de cambio y control.
11. Finalmente y en consecuencia, se debe negar rotundamente el llamado principio de neutralidad tecnológica. La tecnología no es neutral sino que modifica los valores y las posibilidades de las sociedades y se deben por ende adoptar actitudes políticas y éticas respecto de ella.