

PROLEGÓMENOS A UNA FILOSOFÍA DE LA TECNOLOGÍA BASADA EN TRIZ

PROLEGOMENA TO A TRIZ-BASED PHILOSOPHY OF TECHNOLOGY

Manuel LUNA ALCOBA

INSTITUTO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA RUIZ GIJÓN | Utrera, España

Contacto: malual@telefonica.net

Resumen

Las fuentes primarias de la tecnología, los textos con los que se han formado los ingenieros, los procedimientos por los que logran nuevos inventos o las tendencias ínsitas en la historia de los desarrollos tecnológicos, constituyen áreas que han recibido comparativamente menos atención que otras dentro del floreciente campo de la filosofía de la tecnología. TRIZ, sin embargo, muestra la enorme riqueza que atesoran. La Teoría para la Resolución de Problemas Inventivos (TRIZ por sus siglas en ruso), desarrollada por G. S. Altshuller a partir de 1946 pertenece a la estirpe del *ars inveniendi* leibniziano, con el que guarda sorprendentes concomitancias. Los escritos de este ingeniero e inventor de la era soviética arrojan portentosa luz sobre el contexto de descubrimiento técnico. En el presente artículo analizamos el potencial que para la filosofía de la tecnología encierran protocolos descritos por él tales como la matriz de contradicciones, las diferentes versiones del principio de separación, el resultado final ideal, los pequeños hombres inteligentes, las 76 soluciones estandarizadas o el algoritmo para la resolución de problemas inventivos. De ellos se deducen tendencias evolutivas que permiten explicar la creatividad técnica, multiplicarla y anticiparla.

Abstract

Technological sources, texts with which engineers are trained, the procedures by which they achieve new inventions, or the trends inherent in the history of technological developments are areas that have received comparatively less attention than others within the burgeoning field of the philosophy of technology. TRIZ, however, shows their enormous richness. The Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ), developed by G.S. Altshuller from 1946 onwards, belongs to the lineage of the Leibnizian *ars inveniendi*, with which it shares striking concomitances. The writings of this Soviet-era engineer and inventor shed portentous light on the context of technical discovery. In the present paper, we analyze the potential that protocols described by him contain for the philosophy of technology, such as the matrix of contradictions, the different versions of the principle of separation, the ideal final result, the smart little men, the 76 standardized solutions or the algorithm for solving inventive problems. From them, we can deduce evolutionary trends in technology that allow us to explain technical creativity, multiply it and anticipate it. This opens up new and challenging opportunities for the philosophy



Se abren así oportunidades nuevas y retadoras para la filosofía de la tecnología, aunque, como buen *ars inveniendi*, las consecuencias que podemos extraer de TRIZ van más allá.

of technology; although, as a good *ars inveniendi*, the consequences that can be drawn from TRIZ go beyond that.

Palabras clave: *Genrich Altshuller, tecnología (filosofía), solución de problemas, teoría TRIZ, tecnología*

Keywords: *Genrich Altshuller, technology (Philosophy), problem solving, TRIZ theory, technology*

Introducción

El campo de la filosofía de la tecnología puede considerarse maduro en muchos aspectos. La reflexión filosófica sobre este tipo de realidades se ha expandido en múltiples direcciones acumulando masas ingentes de literatura de notable calidad. Cabe constatar, sin embargo, que tan importante desarrollo presenta ciertas asimetrías si se lo compara con otras ramas de la filosofía con las que, cabe suponer, debe guardar ciertas semejanzas. En efecto, si aceptamos los postulados doctrinales de la corriente principal de la filosofía de la tecnología del siglo xx, tecnología y ciencia resultaban indistinguibles. Ahora bien, el ámbito de la filosofía de la ciencia abunda en estudios de casos históricos empleados como casos ejemplares para sustentar uno u otro modelo filosófico de la ciencia. Dichos puntos de apoyo suelen buscarse en lecturas minuciosas de las fuentes primarias y en prolijas reconstrucciones del ambiente intelectual en el que nacieron. La filosofía de la ciencia ha dedicado amplia atención al contexto de descubrimiento, así como a loar a sus padres fundadores, mostrando sensible generosidad a la hora de ocultar sus errores y desvíos. El volumen que ocupan en la filosofía de la tecnología los estudios dedicados a estas cuestiones resulta mucho más reducido. La propia tipología de los artefactos técnicos que generan reflexión filosófica parece extremadamente desigual. Lo que se pone ante nuestros ojos (centrales eléctricas, pantallas) origina ríos de tinta, pero no lo que circula por los polos, lo que queda sumergido bajo las aguas, lo que se nos implanta (prótesis mamarias, coils) o lo que engullimos (hipotensores, Prozac®), como si los ingenieros químicos empleados por la industria farmacéutica no hubiesen cambiado nuestras vidas tanto o más que los ingenieros informáticos.

Como modesto intento por mitigar algunos de estos desequilibrios, citaremos reiteradamente en las siguientes páginas los textos de un ingeniero, expondremos una filosofía de la tecnología que floreció más allá (y aún en contra) de los libros de filosofía del siglo xx, bosquejaremos una metodología filosófica pensada en relación con lo tecnológico, en definitiva, repasaremos, brevemente, algunos aspectos destacables de TRIZ.

Los tiempos de G. S. Altshuller

Genrich Saulovich Altshuller nació el 15 de octubre de 1926 en Tashkent (Uzbekistán). Tras la Segunda Guerra Mundial, ingresó en el “Comité para las invenciones y los descubrimientos de la flotilla del Mar Caspio”, dedicado, más que a otorgar patentes, a ayudar al desarrollo de las mismas, desde la recepción del prototipo hasta la cumplimentación de los formularios. A diferencia de los gabinetes legales de nuestras empresas, los empleados de estos comités carecían de formación en derecho, pero se les exigía un conocimiento exhaustivo de las patentes existentes dentro y fuera de la URSS (Blair, 1973: 490). Queda implícito en lo dicho que no se esperaba que los empleados del comité se especializaran por áreas.

A comienzos de 1946, Altshuller se dio cuenta de que repetía los mismos consejos para inventores que pretendían patentar cosas diferentes (Madara, 2015: 85). Se puso, entonces, a buscar un libro, un manual, una colección de artículos, algo, a lo cual pudiera remitirlos. Pese a que recopilaciones de patentes industriales (soviéticas y occidentales) y libros sobre la creatividad circulaban con libertad y en abundancia por la Unión Soviética, Altshuller se cansó de buscar un texto adecuado, y no encontró nada que cumpliera con sus expectativas. Llegó a la conclusión de que tendría que escribirlo él mismo revisando la literatura sobre patentes. En esta labor se le unió Rafael Shapiro y, entre ambos, hacia 1948, tenían ya un puñado de principios inventivos que les permitieron el desarrollo de un par de patentes propias (Altshuller, 1986: s.p.). Convencidos del logro alcanzado, acudieron a diferentes ámbitos académicos que los recibieron con frialdad, al principio, y con burlas en cuanto trataron de insistir. Sabedores de que se habían topado con un muro que tardarían décadas en derribar, Altshuller y Shapiro decidieron tomar un atajo, escribiendo a todas las altas instancias soviéticas que guardaran alguna relación con las tareas

inventivas. Sistemáticamente, recibieron las respuestas características de quienes sólo emprenden una acción bajo órdenes de la superioridad. Había, pues, que apuntar más alto.

A principios de 1950, Shapiro y Altshuller enviaron una carta a Stalin en la que criticaban duramente el estado de la actividad inventiva en la URSS y proponían su mejora mediante los principios hallados por ellos. Stalin, siempre curioso y atento a las críticas, ordenó su detención, su sometimiento a lo que en nuestras democracias liberales se denomina “interrogatorio intensivo”, y su condena sin juicio a veinticinco años de trabajos forzados que, en el caso de Altshuller, habría de cumplir en las cercanías de Vorkuta, ciudad situada unos cincuenta kilómetros al norte del círculo polar ártico. Por suerte para ambos, Stalin murió cuatro años después y los procesos de desestalinización incluyeron la rehabilitación de Shapiro y Altshuller, aunque a este último no se le permitió retomar su puesto en el Comité para las invenciones. De este modo, en 1958, nació Henrich Altov, el pseudónimo con el que Altshuller firmaría relatos de ciencia ficción a lo largo de las siguientes dos décadas. Altov se convirtió rápidamente en un referente para la ciencia ficción soviética. Al propio Altshuller no le importaba reconocer la poca calidad literaria de sus relatos (ampliamente superada por los de su esposa, V. N. Zhuravlyova), pero sus escritos constituyen una demostración práctica del desafío que lanzó a la literatura de su época: que cada texto contuviera, al menos, una idea cualitativamente nueva. En cualquier caso, antes de todo esto, en 1956, una vez más con Shapiro, publicó “Acerca de la psicología de la creatividad científica”, escrito seminal en el que se hallan contenidos algunos de los principios básicos de su Teoría para la Resolución Inventiva de Problemas (TRIZ, por sus iniciales en ruso) y un embrión de ARIZ, el Algoritmo para la Resolución Inventiva de Problemas (Madara, 2015: 88).

Cómo convertir en realidad un proyecto “imposible”

Altshuller llevó a cabo el viejo proyecto leibniziano del *ars inveniendi* (Altshuller cita reiteradamente a Leibniz), un procedimiento pautado para crear nuevas soluciones a los problemas y, sobre él y con él, enseñó a generaciones de ingenieros, matemáticos y químicos de la URSS en una red de más de quinientos centros de formación que llegaron a cubrir buena parte del territorio del extinto país (Fey y Rivin, 2005: 190;

Altshuller, 1979b: s.p.). Tras la caída del muro de Berlín y la muerte de Altshuller el 24 de septiembre de 1998, muchos de sus discípulos llevaron sus enseñanzas a Occidente y hoy día TRIZ constituye una herramienta en expansión por el mundo empresarial, de la que han sacado buen provecho Samsung, General Motors, Rolls Royce y una larga lista de empresas, grandes, pequeñas y medianas, generando decenas de miles de patentes (Córdova López, 2004: 12; Fan *et al.*, 2016: 2).

TRIZ la conforman una decena amplia de protocolos, los cuales se pusieron a prueba en las instituciones de enseñanza que Altshuller fundó. Cada vez que uno de ellos conducía a los alumnos a un callejón sin salida, cada vez que un problema se les resistía, cada vez que se descubría una forma de hacer mal uso de ellos, se procedía a su revisión y reformulación. ARIZ, por ejemplo, sufrió reformulaciones a lo largo de 30 años hasta alcanzar su forma definitiva (ARIZ-85-C). Se trata de un ejemplo de protocolo estructurado; no todos los protocolos tienen ese carácter. Algunos carecen por completo de él, caso del protocolo de los pequeños hombres inteligentes, y en otros, se podría discutir su carácter estructurado o no, caso de la celeberrima matriz de contradicciones. La finalidad de todos ellos no consiste en “aumentar nuestra creatividad” o multiplicar las ocurrencias y, mucho menos, desestructurar nuestro pensamiento. TRIZ actúa como un vector que señala directamente al área concreta entre todas las configuraciones posibles donde hallar una solución creativa al problema planteado (Gadd, 2011: xvii). Tampoco debemos caer en el otro extremo, el de imaginarnos que TRIZ constituye una herramienta para evitar que pensemos. TRIZ no evita pensar, ayuda a pensar. No elimina el esfuerzo del pensamiento, elimina el esfuerzo del pensamiento baldío. Como le gustaba decir a Leibniz, nos hallamos ante el *filum cogitationis* (Leibniz, 1999a: 532), que nos guía en cada paso de los procesos inventivos. Seguimos teniendo que recorrer el laberinto y que enfrentarnos al Minotauro, sólo que ahora tenemos un hilo de Ariadna que nos permite entrar y salir de él como si circulásemos por el pasillo de nuestra casa.

Queda dicho, en cualquier caso, que TRIZ se creó para penetrar en la guarida del Minotauro y no para andar por el pasillo de nuestros hogares; quiero decir, el seguimiento riguroso de sus protocolos acaba por conducirnos, inevitablemente, más allá de nuestra zona de confort, de nuestras cabezas, de nuestro modo habitual de pensar, de nuestros prejuicios y nuestras preconcepciones. TRIZ pretende destruir las limitaciones de lo que Altshuller llamaba la “inercia psicológica” (Altshuller, 1973: s.p.), o lo que viene a significar lo mismo, con los protocolos de TRIZ puede trabajar

un individuo solitario, los participantes en una reunión o un equipo internacional. A Altshuller le gustaba tanto referirse a TRIZ como “la ciencia exacta de la creatividad” que tituló así uno de sus libros (Altshuller, 1984). Si los puntos de partida coinciden y los procedimientos se han aplicado adecuadamente, debe haber equivalencia en los resultados. Y, si tal cosa no ocurre, quienes han llegado a resultados distintos no necesitarán argumentar ni disputar largamente, simplemente tomarán papel y lápiz y se dirán: *calculemus* (Leibniz, 1999b: 913; Leibniz, 2009: 213).

Altshuller define como “problema inventivo” aquel problema que encierra una “contradicción” (Altshuller, 1965: s.p.; Cameron, 2010: 5). De un modo excesivamente resumido, podemos equiparar el uso que Altshuller hace del término “contradicción” con lo que habitualmente se entiende por “conflicto”. Existen tres tipos de contradicciones en TRIZ: administrativas, técnicas y físicas (Altshuller, 1979a: 44; Orloff, 2003: 47). Nos hallamos ante una contradicción administrativa cuando no se encuentran disponibles las habilidades y recursos necesarios para resolver el problema. Toda contradicción administrativa conlleva una contradicción técnica en su núcleo. Las contradicciones técnicas se caracterizan porque existe un parámetro, digamos potencia, cuya mejora parece conducir al deterioro de otro, digamos el peso. El primer intento para dotar de mayor potencia a un motor por parte de un ingeniero pasa, con toda seguridad, por aumentar su tamaño, con el consiguiente sobrepeso, lo cual hará que se necesite una mayor potencia para moverlo y una vuelta a la situación original en un círculo sin aparente salida, pero que, con las herramientas de optimización típicas de la ingeniería (Rao, 2020), permitirá una sucesión de mejoras relativas. Según Altshuller, una contradicción técnica siempre lleva consigo una contradicción física y aquí ya no hablamos de algo que mejora y algo que sufre un deterioro, sino de una situación en la que queremos, a la vez, A y no-A. Las soluciones verdaderamente inventivas provienen de solucionar los problemas a este nivel, lo que permitirá un salto cualitativo respecto de la evolución anterior. Tres tipos de preocupaciones habituales acaban de desaparecer: el ensayo y error, la optimización, y el compromiso (Altshuller, 1975a: s.p.). El ensayo y error, el modelo de aprendizaje propio del empirismo y/o conductismo, que Edison mitificó al probar 30.000 materiales hasta dar con el que podría servir de filamento para sus bombillas, constituye para Altshuller el paradigma de pérdida de tiempo y ralentización del progreso humano (Orloff, 2003: 26). TRIZ tiene como objetivo indicarnos, exactamente, el limitado espacio en el que reside nuestra solución. De modo semejante, el compromiso (y eso incluye la “síntesis”

dialéctica), sólo pospone los problemas para el futuro, pero no los resuelve. La contradicción como tal irá desapareciendo hasta que al final tengamos el máximo de los dos términos contradictorios, por lo que no obtendremos el motor que nos dará la máxima potencia aumentando el peso dentro de unos límites tolerables, obtendremos el motor que nos dará la mayor potencia imaginable sin añadir ni un gramo a su peso.

La matriz de contradicciones

Nos hallamos ante el protocolo más conocido de TRIZ. Se trata de una tabla con 39 parámetros en su eje vertical y los mismos 39 parámetros en su eje horizontal. Típicamente, se leen los parámetros dispuestos en columna como todo aquello que se quiere mejorar en un sistema técnico y los dispuestos en fila, como lo que empeorará como consecuencia de ese intento de mejoría (Altshuller, 1979a: 203; Gadd, 2011: 110). La lista de parámetros incluye: peso de un objeto en movimiento, peso de un objeto en reposo, longitud de un objeto en movimiento, longitud de un objeto en reposo, área de un objeto en movimiento, área de un objeto en reposo, volumen de un objeto en movimiento, volumen de un objeto en reposo, velocidad, fuerza, tensión/presión, forma, estabilidad, resistencia, durabilidad de un objeto en movimiento, durabilidad de un objeto en reposo, temperatura, brillo, energía de un objeto en movimiento, energía de un objeto en reposo, potencia, pérdida de energía, pérdida de sustancia, pérdida de información, pérdida de tiempo, cantidad de sustancia, fiabilidad, precisión de medida, precisión de manufactura, factores perjudiciales actuando en un objeto, efectos secundarios dañinos, manufacturabilidad, conveniencia de uso, reparabilidad, adaptabilidad, complejidad de un mecanismo, complejidad de control, nivel de automatización y productividad. Altshuller mismo y todos sus discípulos recomiendan no entender estas características en sentido estricto, sino adaptarlas a nuestro problema (Salamatov, 2005: 12; Savransky, 2000: 200). De este modo, podemos recordar en qué contextos se utiliza *on fire* en inglés y entender el aumento de visitas a nuestro sitio web como el parámetro 17, “temperatura”; o podemos leer el parámetro 22, “pérdida de energía”, como pérdida de dinero; o el aumento del área de un objeto en reposo (parámetro 6) como el aumento de conocimiento; o el ser como fuerza (parámetro 10); etcétera. La casilla en la que se cruza la

fila correspondiente al parámetro que pretendemos mejorar con la columna correspondiente al parámetro que empeora cuando lo intentamos, responde a la pregunta *¿cómo mejorar x sin hacer y peor?* e incluye una serie de números, que hacen referencia a los cuarenta principios inventivos (Altshuller, 1984: 203; Gadd, 2011: 110). Estos cuarenta principios constituyen el motor inventivo de TRIZ. En efecto, hallaremos la solución que buscábamos aplicando a nuestro caso concreto los principios sugeridos por la matriz de contradicciones.¹ Deliberadamente no incluimos aquí ninguna imagen de la matriz. Se pensó originalmente colocar un mural en los talleres, con la matriz, la lista de los principios y sus explicaciones. Sin embargo, el modelo se aviene mal con el tamaño del papel impreso y no digamos de nuestras pantallas actuales.²

El principio de separación

Hay un número significativo de casillas vacías en la matriz de contradicciones. Los cuarenta principios inventivos no ofrecen una solución para estos casos. Característicamente, las que ocupan la diagonal constituyen situaciones en las que buscamos tanto el aumento de un parámetro como su disminución. Según TRIZ, eso indica que ya no nos enfrentamos a una contradicción técnica (queremos mejorar algo sin empeorar otra cosa), sino a una contradicción “física”, queremos A y no-A. En realidad, como explicamos, detrás de cada contradicción técnica hay una contradicción física y, aunque podamos resolver las contradicciones técnicas utilizando la matriz de contradicciones, el nivel más alto de creatividad se logra cuando llegamos al fondo del problema, a la contradicción física. Esta manera de entender las cosas significa que, tras los cuarenta principios inventivos, existen otros principios mucho más cercanos a la raíz de la cuestión. Ahora bien, si los cuarenta principios inventivos daban cuenta de algo así como el ochena por ciento de las patentes no triviales que circulan por el mundo, entonces nos enfrentamos a la sorprendente afirmación de que existe un número muy reducido de principios que pueden explicar esos cuatro millones de patentes. De hecho, toda esa masa ingente de inventos puede explicarse en base a un único principio: el principio de separación.

¹ Un listado de los cuarenta principios inventivos puede encontrarse en Luna Alcoba (2021: 327).

² Referencias a diferentes versiones de la matriz de contradicciones y explicación de cómo funcionan pueden hallarse en Luna Alcoba (2021: 198-210).

Existen cuatro formulaciones del principio de separación (Altshuller, 1971: s.p.) En primer lugar, el principio de separación en el tiempo. Si necesitamos cumplir con requisitos contradictorios podemos proceder a colocarlos en momentos diferentes. Los aviones, por ejemplo, deben tener tren de aterrizaje, pero éste obstaculiza la velocidad de vuelo de los aviones a reacción. Por tanto, los aviones a reacción deben tener tren de aterrizaje y no deben tener tren de aterrizaje. Siguiendo el principio de separación en el tiempo, la solución consiste en que tengan el tren de aterrizaje en unos momentos concretos (aterrizaje y despegue) y no lo tengan en otros (vuelo).

En segundo lugar, el principio de separación en el espacio. Cuando nos enfrentamos a requisitos contradictorios, debemos preguntarnos si necesitamos ambos en el mismo lugar. Si no se necesita su presencia en el mismo lugar, entonces podemos proceder a su separación en el espacio. Los docentes utilizan este principio cotidianamente en el aula cuando dos o más alumnos que se sientan juntos interrumpen el normal decurso de las clases. Por una parte, se requiere que ocupen un lugar en el aula para que sigan recibiendo la enseñanza pertinente. Por otra parte, si ocupan su lugar en el aula no van a recibir la enseñanza pertinente. Debe procederse, pues, a una reasignación de los lugares que ocupan, separándolos en el espacio. En tercer lugar, el principio de separación entre el todo y la parte. Si los requisitos contradictorios no pueden separarse espacial y/o temporalmente, debe intentarse su separación en micro y macrosistema. Aquí se nos abren siempre dos posibilidades: que el requisito A se asigne a las partes y el no-A al todo o que el requisito A se asigne al todo y el no-A a las partes. La cadena de una bicicleta constituye un ejemplo típico. En su totalidad, se trata de un sistema flexible, pero cada uno de sus eslabones se caracteriza por la solidez exigida para que el mecanismo de pedaleo no lo deforme.

Por último, tenemos el principio de separación en ámbitos o por condición. Consiste en situar uno de los requisitos de la contradicción en un entorno determinado y el otro requisito en otro. Buena parte de la historia de la filosofía puede ponerse como ejemplo de aplicación de este principio. Dada la aparente contradicción entre la inmovilidad del *ser* parmenídeo y el continuo devenir de Heráclito, Platón propuso una división entre dos mundos, de modo que tanto Heráclito como Parménides tienen razón en sus propuestas bajo ciertas condiciones. En medio, por supuesto, el abismo. El universo de Aristóteles se caracteriza por hallarse recortado en dos ámbitos separados por la esfera lunar, más allá de la cual se encuentra el quinto elemento o quintaesencia

con sus movimientos circulares. La misma separación en ámbitos constituyó la solución característica del pensamiento medieval cristiano a la cuestión de las relaciones entre razón y fe. Pero quizás el ejemplo más paradigmático de construcción de una filosofía por aplicación reiterada y sistemática del principio de separación en ámbitos o bajo condiciones lo encontramos en Kant, cuya filosofía crítica incide, una y otra vez, en la misma respuesta a los más diversos problemas. La teoría de tipos de Russell (1910: 39), la separación entre noesis y noema de Husserl (1976: 202), la distinción entre el *ser* y los entes de Heidegger (1975: 169) o el deslinde entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación de la filosofía de la ciencia, constituyen otros tantos ejemplos, en el siglo xx, de un modo de resolver problemas que puede rastrearse en todas las épocas, materias y tradiciones que constituyen la filosofía occidental.

Inmediatamente se nos plantean toda una serie de cuestiones. *¿Qué filosofía platónica podríamos construir si respondiésemos a sus mismas preguntas aplicando cualquiera de las otras tres versiones del principio de separación? ¿Qué aristotelismo surgiría de ellas? ¿Qué respuestas alternativas al problema fe-razón conseguiríamos? ¿Qué filosofía crítica? ¿Qué teoría semántica? ¿Qué fenomenología? ¿Qué doctrina del ser? ¿Qué filosofía de la ciencia? En definitiva, ¿qué modos de pensar posibles han quedado sin desarrollar en el pensamiento occidental y a qué conducen?*

Resultado Final Ideal

Afirmaba Leibniz que lo real se deja gobernar por lo ideal (Böhle, 1978: 198; Leibniz, 1978: 569), pero Altshuller y su esposa, Valentina Zhuravlyova, mencionan como padre de la idea al matemático George Polya, en cuyo libro de 1965, *Cómo plantear y resolver problemas*, se señalaba la necesidad de “comenzar siempre por el final” (Altshuller, 1979c: s.p.; Zhuravlyova, 2005: 95). El protocolo del Resultado Final Ideal consiste en preguntarnos en qué condiciones el problema que nos ocupa dejaría de existir. Si podemos encontrar la respuesta a esta pregunta, varias cosas habrán salido a la luz. En primer lugar, quedará muy claro en qué consiste el problema y qué obstaculiza su resolución. En segundo lugar, y más importante, tendremos una radiografía exacta de cuáles de nuestros planteamientos, supuestos y prejuicios formaban parte del problema. Nada de esto quiere decir que hayamos encontrado ya el camino que nos lleva a la solución.

TRIZ nos anima a no preocuparnos, de entrada, por cómo vamos a alcanzar ese resultado final ideal (Altshuller, 1973: s.p.) El proceso, a partir de este momento, consiste en ir despejando los rasgos que deben adornar esa x que solucionará nuestro problema.

Altshuller (1984: 102) proporcionó una fórmula que nos permite entender qué significa “ideal”: $\text{Ideal} = [\text{Beneficios}/(\text{Costos} + \text{Perjuicios})]$. Alcanzamos la “idealidad”, cuando los beneficios superan la suma de sus costos más los perjuicios que causa. Esta fórmula, parecida a la de costo-beneficio en economía, a la de eficacia en gestión de empresas y al cálculo del “valor” en ingeniería, no tiene pretensiones de arrojar una cifra matemática (Savransky, 2000: 76). Más bien, se trata de que cobremos conciencia de la distancia que nos separa del ideal, ya que éste sólo aparece cuando la fórmula da un valor cercano a infinito. En otras palabras, el sistema técnico ideal no produce absolutamente ningún daño; tiene un coste de instalación y mantenimiento casi nulo y ofrece todas las ventajas que un sistema técnico puede ofrecer. Si Deleuze hablaba de un cuerpo sin órganos, TRIZ persigue la máquina sin engranajes, la máquina ideal (Altshuller, 1965: s.p.; Gadd 2011: 254). Inmediatamente pensamos: “imposible”. Ese “imposible” que brota en nuestras mentes, indica de un modo nítido la inercia psicológica que nos impide encontrar la solución al problema planteado. En efecto, imaginemos que viajamos con una máquina del tiempo a principios del siglo xx. Le explicaremos a la primera persona que nos encontremos que tenemos relojes que no pesan nada, que no necesitan que les den cuerda, que no consumen energía, que nunca se rompen y que nos dan la hora sin el más mínimo retraso o adelanto. Con toda seguridad, oiríamos de su boca ese mismo “imposible” que nos asalta cuando hablamos del sistema técnico ideal. Y, sin embargo, precisamente en eso consisten los relojes de nuestros dispositivos móviles, en relojes que dan una hora exacta sin coste ni perjuicio alguno. Ahora tenemos una idea mucho más clara de qué cabe entender, la mayoría de las veces, por sistema técnico ideal: un sistema técnico cuyas funciones se han integrado en un sistema de nivel superior que asume, como parte despreciable, las funciones del sistema que nos resultaba problemático. “No hay nada ideal ahí”, se me dirá, “un dispositivo móvil consume energía, pesa, se estropea y lo conforman elementos contaminantes o que cuesta verdadero sufrimiento conseguir”. Desde el punto de vista de TRIZ, todas esas cuestiones, por lo demás indiscutibles, constituyen otro ejemplo de cómo el protocolo del resultado final ideal sirve para desvelar compromisos y optimizaciones que necesitamos superar mediante la búsqueda de un nuevo ideal y que,

debido a nuestra inercia psicológica, habían permanecido hasta ahora invisibles. Aún más, si nuestros relojes parecen más ideales que los relojes que circulaban a principios del siglo xx y si nuestros dispositivos móviles no parecen tan ideales como los que circularán a principios del siglo xxii, se debe a que el resultado final ideal también constituye una ley de evolución de los sistemas tecnológicos: el desarrollo de los sistemas tecnológicos siempre se produce en la línea de una mayor idealidad, entendiendo esta “idealidad” en los términos de la fórmula mostrada antes (Altshuller, 1988: s.p.).

Pequeños hombres inteligentes

Para entender cómo funciona este protocolo, comenzaremos con un ejemplo. Durante la Segunda Guerra Mundial, las minas navales se amarraban a un lastre mediante un cable para que flotaran en un punto fijo y a una altitud tal que golpearan a los barcos enemigos por debajo de la línea de flotación. La estrategia para eliminar estas minas consistía en un cable sumergido arrastrado por dos barcos alejados entre sí. El cable doblaba el de la mina de tal modo que ésta acababa explotando por el aumento de la presión del agua o aflorando a superficie. Si quisiéramos fijar las minas con un cable que esquivase este procedimiento de desminado, habríamos de sujetar la mina a su lastre por medio de algo continuo que se convirtiera en discontinuo justo en el momento en que el cable de los barcos desminadores entran en contacto con él. Aquí tenemos una típica contradicción como las que TRIZ reconoce; de hecho, se trata de la contradicción entre continuidad y discontinuidad que aparece en la segunda antinomia kantiana (Kant, 1911: 300). Éste constituye el modelo de problemas resolubles mediante la aplicación del protocolo de los “pequeños hombres inteligentes”. Se trata, por supuesto, de una ficción puesta en marcha para romper la inercia psicológica, ofreciéndonos una visión alternativa. Además, sigue una de las reglas básicas de cualquier propuesta para solucionar problemas, descomponerlos en partes simples y, de resultar posible, en sus partes más simples. Finalmente, proporciona empatía hacia el problema. Puede considerarse un axioma básico el hecho de que los seres humanos resolvemos mejor aquellos problemas con los que podemos identificarnos o, al menos, aquellos en los que podemos identificarnos con los términos involucrados. No obstante, si un poco de empatía resulta útil para buscar otra perspectiva sobre

el problema, mucha puede obstaculizar su solución. En ocasiones habrá que hacer desaparecer de un modo drástico a los pequeños hombres inteligentes después de introducirlos; por ejemplo, disolviéndolos en ácido o triturándolos, así que mejor no considerarlos dotados de personalidad. Por lo demás, pueden hacer cualquier cosa que necesitemos: agarrarse los unos a los otros, limpiar, pulir una superficie, etcétera.

Volviendo a nuestra mina, Altshuller imaginó que los pequeños hombres inteligentes conformaban el cable que la unía al lastre. Cada uno de ellos vería venir el cable desminador y, en el momento oportuno, soltaría una mano del hombrecillo situado por encima de él y agarraría el cable. Luego, cogería el cable con la otra mano mientras la primera volvía a agarrarse al hombrecillo por encima de él y, finalmente, dejaría marchar el cable quita minas mientras se volvía a agarrar con su segunda mano a su congénere. La idea se hallaba a un paso de la solución final, un sistema de puerta rotatoria (Figura 1). No importa por dónde llegue el cable desminador, termina en la muesca que le espera en cualquier lado de la puerta. El rodillo gira por su tracción y, eventualmente, el cable sale por el otro lado sin poder destruir la mina (Gadd, 2011: 11).

Todo esto, sin duda, sonará esotérico, poco útil y alejado de cualquier campo medianamente serio. La verdad se halla en el punto opuesto. Los pequeños hombres

Figura 1



Fuente: Elaboración propia a partir de Gadd (2011: 17)

inteligentes forman parte de la tradición de pensamiento más audaz de Occidente. Al fin y al cabo, tanto el geniecillo maligno de Descartes como el diablillo de Maxwell pertenecen al linaje de estos pequeños hombrecitos inteligentes.

Las setenta y seis soluciones estandarizadas

La primera versión de TRIZ, que se enseñó en torno a 1971, contenía como elemento básico la matriz de contradicciones. Muy pronto Altshuller observó que sus alumnos hacían de ella una forma, sofisticada, pero forma, al fin y al cabo, del ensayo y error, aquello contra lo que se dirige TRIZ. Desde los inicios mismos de su implantación, Altshuller comenzó a buscarle una alternativa, un proceder puramente analítico, guiado por tablas y ejemplos, que rápidamente cristalizó en una preocupación por el *ars characteristic* y la topología de raíces plenamente leibnizianas.

Por “soluciones estandarizadas” o, más brevemente, “estándar”, se entiende una combinación de técnicas que garantizan una solución para tareas de alto nivel (Altshuller, 1979b: s.p.). Hallados empíricamente, surgieron como consecuencia del análisis del fondo de patentes. Altshuller las cifró en 76 aunque dejó la puerta abierta a que existieran más. Cada estándar, tal y como los publicó Altshuller, consta de una serie de enunciados que lo describen (lo que Altshuller llama su fórmula, es decir, el esquema simbólico que lo representa y al que se considera “su esencia”), una breve explicación, y ejemplos del mismo. La elaboración de esquemas gráficos, en la práctica, grafos mixtos, constituye una seña característica de este protocolo. Cada grafo representa un sistema técnico y el estándar refleja el modo en que unos pueden transformarse en otros. A su vez, en cada sistema técnico cabe distinguir un par de sustancias y un campo. Altshuller entiende por “sustancia” cualquier sujeto capaz de acción con independencia de su tamaño o grado de complejidad (Altshuller, 1984: 69). Un país o un átomo pueden considerarse “sustancias” en este sentido (Gadd, 2011: 377). Dicho de otro modo, el entorno del sistema a analizar definirá lo que, desde él, puede considerarse una “sustancia”. Sin embargo, las sustancias no pueden actuar una sobre otra (no tienen ventanas, diría Leibniz); necesitan de un medio transmisor de la acción, al que Altshuller designó con el término “campo” y que puede entenderse como mecánico, térmico, químico, eléctrico y/o magnético

(Altshuller, 1984: 70), pero también el olor, tacto, visión e, incluso, la emoción causada por la sustancia, pueden entenderse como “campos” (Altshuller, 1979a: s.p.).

Veamos, a modo de ejemplo, la segunda de las soluciones estandarizadas. Su enunciado dice: si tenemos un modelo de sustancia-campo y las condiciones del problema no contienen restricciones a la introducción de aditivos en las sustancias existentes, el problema se resuelve introduciendo (de forma permanente o temporal) un aditivo (S3) en cualquiera de ellas, S1 o S2 (Figura 2). Supongamos que el problema consiste en detectar fugas (S2) de un gas inodoro (S1). La solución pasa por añadir a ese gas una sustancia (S3) con olor (F). Podemos encontrar un ejemplo de aditivo (S3) añadido a la sustancia (S2) en el caso de la aplicación de este estándar a la filosofía. En efecto, el esquema de la figura 3 corresponde en la filosofía cartesiana a la interacción entre res cogitans (S1) y res extensa (S2) mediante el añadido a la segunda de una glándula pineal (S3), que pone en movimiento los espíritus animales (F). ¿Existe alguna otra teoría de las relaciones alma/cuerpo (o mente/cerebro) modelizable mediante esta solución estandarizada? ¿Hay alguna otra teoría de las relaciones alma/cuerpo (o mente/cerebro) modelizable por alguna otra solución estandarizada? Dado que existen setenta y seis soluciones estandarizadas y no hay setenta y seis teorías filosóficas sobre la interacción alma/cuerpo (o mente/cerebro) diferentes, ¿existen modelos en las soluciones estandarizadas capaces de explicar la interacción alma/cuerpo (o mente/cerebro) aún no convertidos en teorías filosóficas? ¿Hay más problemas filosóficos que compartan una estructura común con problemas técnicos?³

Figura 2



Fuente: Elaboración propia a partir de Altshuller (1979b y 1984: 348) y Gadd (2011: 406)

3 Listados de las setenta y seis soluciones estandarizadas pueden encontrarse en Altshuller (1979b: s.p.), Altshuller (1984: 347-58) y Gadd (2011: 405-418).

Figura 3



Fuente: Elaboración propia a partir de Altshuller (1979b y 1984: 348) y Gadd (2011: 406)

ARIZ

El algoritmo de la invención (ARIZ) consiste en una serie de pasos que nos conducen a una solución altamente inventiva al problema planteado. Aunque sólo se introdujo el término “algoritmo” en 1965, puede vérselo ya presente en el artículo seminal “Acerca de la psicología de la creatividad inventiva” escrito con Rafael Shapiro en 1956 y, desde entonces, no dejó de acumular versiones: 1959, 1961, 1965, 1971, 1977, 1982 y 1985. De hecho, en el texto en que se daba a conocer ARIZ-82, Altshuller hablaba de la inevitabilidad de esa sucesión infinita de versiones y señalaba que existiría un ARIZ-87 y un ARIZ-88. Cada vez, decía allí, ARIZ se vuelve más sofisticado, más eficaz, pero, por lo mismo, apunta con mayor nitidez hacia los aspectos mejorables en él (Petrov, 2008: 81). Tres años después, sin embargo, Altshuller señalaba que ARIZ-85 debía considerarse la versión definitiva y no se necesitarían ulteriores modificaciones del texto pues lo había dotado de los pasos necesarios para que generara su propia modificación por la vía de añadir nuevos estándares inventivos (Altshuller, 1988: s.p.) Tampoco el papel de ARIZ se mantuvo constante a lo largo del tiempo. Hasta su denominación como tal, figuró en la obra de Altshuller a modo de demostración de una posibilidad, como la indicación de un hecho o la descripción de un proceso llevado efectivamente a cabo por los inventores. Su conversión en algoritmo lo hizo colocarse en el centro de TRIZ. En las décadas de los sesenta y los setenta, Altshuller solía afirmar que con él se podía resolver el 85 por ciento de las tareas, quedando el 15 por ciento restante para la aplicación de otros protocolos de modo aislado (Altshuller, 1982: s.p.) A partir

de 1977, sin embargo, el algoritmo de la invención perdió progresivamente esa centralidad y pasó del protocolo para el 85 por ciento de las tareas al protocolo para el 15 por ciento de las tareas, en esencia, todas aquellas que resistían el abordaje de los restantes protocolos por separado. Hoy, en la literatura TRIZ, resulta fácil encontrar la declaración de que ARIZ sirve para “una tarea al año” (Gadd, 2011: 385). En cualquier caso, Altshuller señalaba que ni debía interpretarse a ARIZ como el único algoritmo para la solución de problemas inventivos posible, ni debía considerarse su aplicación, tal cual, a las diferentes ramas del conocimiento e instaba a su adaptación para necesidades específicas, manteniendo siempre su estructura general. Dicho de otro modo, Altshuller nos insta a modificar ARIZ para convertirlo en un instrumento apto para la solución, digamos, de problemas filosóficos (Petrov, 2008: 25). Ciertamente, esta adaptación necesitaría de la creación de una base de datos de “efectos de filosofía”, a modo de la base de datos de efectos físicos, químicos, geométricos y biológicos que existe en TRIZ y no hay nada semejante a día de hoy. Ni las historias de la filosofía al uso ni los diccionarios de filosofía existentes sirven a estos fines. Sin embargo, Altshuller nos dejó un ejemplo práctico de cómo construir esta base de datos de ideas filosóficas en su registro de ideas de ciencia ficción. Pero me he alejado del tema.⁴

Una teoría de la historia de la tecnología

Si existe un número finito y abarcable de pautas para inventar, si han dejado un rastro identificable en el registro de patentes y si, por tanto, cabe suponer que los seres humanos las vienen utilizando de modo intuitivo, se deduce que la evolución de los sistemas tecnológicos ha tenido que seguir a lo largo de los siglos unas líneas claras, reconocibles y *predecibles*. Dicho de otro modo, TRIZ nos permite una reconstrucción racional de la historia de la tecnología en la que ya no tenemos que limitarnos a ir marcando las fechas en las que éste o aquel dispositivo aconteció, como mágica fulguración. Podemos explicar por qué surgió esto y no cualquier otra cosa, en ese momento concreto. Ya hemos hablado de

⁴ Un repaso por todas las formulaciones de ARIZ (en ruso) puede hallarse en Petrov (2008) y menos prolijo, pero en español, en Luna Alcoba (2021: 410-483).

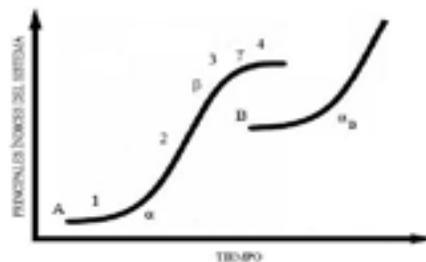
cómo el Resultado Final Ideal actúa como motor de la evolución de los sistemas tecnológicos. De él, en efecto, se derivan las demás tendencias identificadas por Altshuller. Si imaginamos la existencia de un problema en un subsistema cualquiera, su solución no consistirá en un compromiso, sino en alcanzar un ideal. Ahora bien, una parte ideal dentro de un todo que no puede caracterizarse de ese modo, inevitablemente generará conflictos con otras partes del sistema, quiero decir, problemas que conducirán a alcanzar soluciones ideales. Tendremos, entonces, un sistema ideal como parte de un macrosistema que no puede caracterizarse de ese modo, etcétera. Acabamos de enunciar otra de las tendencias de los sistemas tecnológicos identificada por Altshuller, el desarrollo heterogéneo de las partes del sistema, que genera los inevitables desacoples percibidos como problemas a solucionar. Surge de aquí una tercera tendencia. Para solucionar estos desacoples entre las partes de un sistema se procederá, como primer intento, a acompasar los ritmos entre partes anteriormente desacompasadas o, a la inversa, a desacomparar los ritmos entre partes anteriormente acompasadas. Coordinar lo que antes se mostraba descoordinado y dejar de preocuparse por coordinar elementos que antes presentaban este rasgo constituye el primer recurso al que se echa mano cuando un sistema muestra problemas entre sus partes. Si este intento fracasa, se procede a medidas más drásticas. De ahí que una cuarta tendencia consista en el incremento en la segmentación. Este incremento en la segmentación toma diferentes formas. Una muy típica consiste en el empleo de partes cada vez más pequeñas, hasta que éstas tienen un tamaño tan nimio que pueden sustituirse por el efecto de un campo (Altshuller, 1975a: s.p.)

Visto desde otra perspectiva, este proceso parece paradójico. Primero, los sistemas se muestran muy simples; después, sus partes se van haciendo cada vez más complejas conforme se van miniaturizando; posteriormente, el paso de esas partes mínimas a campos genera una simplificación, pero la propia producción y control de esos campos puede resultar bastante compleja. Dicho de otro modo, en la evolución de los sistemas técnicos hay una oscilación continua desde la simplicidad hacia la complejidad para volver a la simplicidad. Pero esta oscilación no cabe entenderla como una especie de ley del péndulo y ni siquiera en un sentido “dialéctico”; más bien, se trata de trayectorias en torno a un atractor o remolino que se forma cuando un líquido se desliza hacia el fondo de un embudo en cuyo punto central más bajo se

halla la solución ideal final hacia la que todo el sistema tiende pese a (o, precisamente, mediante) sus oscilaciones. En definitiva, la tendencia a la idealidad lleva implícita una tendencia a crear sistemas más dinámicos, flexibles y controlables. Existe una clara implicación mutua entre estos factores, pues la exigencia de sistemas más dinámicos obliga a hacerlos más flexibles, lo cual se logra a través de la segmentación, pero el aumento en el número de partes exige un mayor control. Incrementar el grado de control y precisión, hacer los sistemas más dinámicos y flexibles, incita a reducir el papel que juegan en ellos los seres humanos, los cuales suelen generar costes y recibir los perjuicios. Por tanto, la tendencia a la idealidad implica la tendencia a la automatización (Savransky, 2000: 107).

Si observamos cómo actúan las tendencias anteriores a lo largo del tiempo y lo comparamos con el número de invenciones que conllevan y los beneficios que generan, obtendremos que estas tendencias dan lugar a un gráfico de curva en S como el que vemos en la Figura 4. Señalamos ya que existe una ida y vuelta desde la simplicidad a la complejidad para terminar en la simplicidad. Ese camino de ida y vuelta puede quedar representado por la distribución normal, la famosa curva de campana. La curva en S corresponde a la mitad de este camino y caracteriza a todos los procesos de crecimiento y desarrollo que imaginar quepa, desde el proceso de aprendizaje de las neuronas artificiales hasta la estimación de costes en los proyectos, pasando por las ecuaciones de dosis-respuesta de Hill en farmacología o los paradigmas de Kuhn (Zlotin y Zusman., 1991: 34), sin olvidar que puede entenderse a la Venus de Milo o el *tribhanga* del arte hindú como otras tantas curvas en S. El *tribhanga* resulta muy significativo, pues consiste en

Figura 4



Fuente: Elaboración propia a partir de Altshuller (1984: 242)

contraponer la dirección hacia la que se mueve el cuerpo con la dirección de las rodillas, los hombros y el cuello de las esculturas, en un gesto que suele usarse en la danza y que recuerda el movimiento serpenteante con que Edvard Munch pintó la figura central de su famoso “El grito”.

Altshuller (1984: 259) nos explica que, en su infancia (segmento 1), el sistema técnico se desarrolla muy lentamente, llegándose a un punto (α) en el cual se alcanza un primer pico con altas dosis de creatividad. A un inventor se le ofrecen en este período múltiples oportunidades, pero debe armarse de paciencia, porque el desarrollo hasta el punto α puede resultar extremadamente lento. A este segmento pertenecen la mayor parte de los “inventores heroicos”, creadores que adquieren una imagen de unicidad en su campo, luchando contra las circunstancias y que, con frecuencia, reciben poco o nada a cambio de sus esfuerzos. A partir de este punto α , comienza la implementación industrial, se multiplican los beneficios, pero el nivel inventivo disminuye sensiblemente. El esfuerzo se centra en eliminar pequeñas fallas o en la optimización en forma de pequeñas mejoras marginales, pues cualquiera de ellas trae un ahorro sensible y una ventaja competitiva (Altshuller, 1975b: s.p.) Los “inventores heroicos” desaparecen para dejar paso a “inventos simultáneos” que menudean hasta alcanzar β (segmento 3), momento en que ya no puede seguir expandiéndose el campo de la nueva tecnología por el simple procedimiento de mejorarla trivialmente. Para una auténtica mejora, se requiere alcanzar nuevos máximos de creatividad, pero tal esfuerzo ya no vendrá recompensado por otra explosión en su uso, sino que éste va a crecer de un modo más pausado. Una explosión creativa aquí, conduce, con frecuencia, a la aparición de un nuevo sistema tecnológico (B), el cual comienza su lenta ascensión, mientras que el anterior (A) crece de un modo pausado hasta iniciar su curva de desconexión a partir del punto γ (Altshuller, 1984: 251).

El conocimiento de las tendencias de los sistemas técnicos en general y de la curva en S, en particular, tiene un profundo significado. Permite, en primer lugar, una certera reconstrucción historiográfica, localizando el punto en que se hallaba cada tecnología en cada momento, por ejemplo, detectando la frecuencia de los “inventos simultáneos”, el número de nuevas patentes o su nivel inventivo. Pero, naturalmente, también nos permite ir más allá, pues podemos aproximar hacia qué tipo de problemas se dirige y, por tanto, el punto en que aparecerán nuevos problemas y la

naturaleza de los mismos, utilizando herramientas susceptibles de crítica y discusión y no estimaciones subjetivas (Altshuller, 1988: s.p.). Lo diré de otro modo, una filosofía de la tecnología que utilice TRIZ adquirirá un marcado carácter prospectivo.⁵

Conclusiones

Enraizada en medio siglo de prácticas formativas de ingenieros y en la solidez del registro de patentes, TRIZ desvela que el contexto de descubrimiento tecnológico se halla dominado por un método combinatorio. Si postulamos que identificar un resultado final ideal facilita el reconocimiento del deber, entonces explicar por qué atisbamos cierto tipo de deberes, cierto aspecto ético (e, incluso, político), en todo artefacto, se vuelve trivial. Hemos visto que, reducidos a su forma, los problemas que intenta resolver la tecnología no se diferencian, por ejemplo, de los problemas metafísicos, dando cuenta así de una sospecha que recorrió la filosofía del siglo pasado. De los protocolos de TRIZ se deriva una reconstrucción racional de la historia de la tecnología más centrada en el reajuste continuo que en la rotundidad de éxitos y/o fracasos impredecibles, acotada, pues, por tendencias que facilitan elaborar criterios para la prospección. Implícita en sus protocolos, anida también una caracterización de la tecnología como actividad discursiva sometida a las reglas de dispersión de enunciados típicas del registro de patentes, como actividad inventiva que trata de responder a los problemas de un colectivo utilizando reglas combinatorias y como actividad productiva que incide en la evolución de esos colectivos. En definitiva, TRIZ nos deja muy cerca de una definición de tecnología y, por ende, de filosofía de la tecnología.

Como hemos visto, antes de que ningún campo electromagnético la anime, toda novedad viene inserta, en otro género de campo, un campo conflictual y difícilmente TRIZ escapará a esa regla. Pecaríamos de crédulos otorgándole la fe de las teorías

⁵ Los pasos para esta prospectiva no encierran ningún misterio: realización de un análisis funcional del sistema técnico; detección de contradicciones entre las funciones; reescritura de las mismas en términos de incertidumbres clave; construcción de una tabla con ellas y con las tendencias evolutivas; y descripción de los correspondientes escenarios. Tanto su acierto como su fracaso resultarán extremadamente informativos de cara a prospecciones futuras. Para más detalles véase Luna Alcoba (2020: 13-58).

bellas. La única actitud sensata consiste en desconfiar, someterla a prueba y arrojarla a la historia de las infamias si no cumple lo que promete. Pero, si lo cumpliera, no tendríamos más remedio que admitir que nos hallamos a las puertas de un *giro heurístico*.

Referencias bibliográficas

- ALTSHULLER, Genrich Saulovich. (1965). “Внимание: Алгоритм изобретения!” (“Atención: ¡Algoritmo de la invención!”) (en línea). *Fundación Oficial G. S. Altshuller*. Recuperado el 15 de agosto de 2020 de <https://www.altshuller.ru/triz/triz022.asp>.
- ALTSHULLER, Genrich Saulovich. (1971). “Алгоритм решения изобретательских задач, АРИЗ-71” (“Algoritmo para la resolución de problemas inventivos, ARIZ-71”) (en línea). *Fundación Oficial G. S. Altshuller*. Recuperado el 6 de agosto de 2020 de <https://www.altshuller.ru/triz/ariz71.asp>.
- ALTSHULLER, Genrich Saulovich. (1973). “Внимание: Ариз!” (“Atención: ¡ARIZ!”) (en línea), *Fundación Oficial G. S. Altshuller*. Recuperado el 20 de agosto de 2020 de <https://www.altshuller.ru/triz/triz38.asp>.
- ALTSHULLER, Genrich Saulovich. (1975a). “Стандарты на решение изобретательских задач”, (“Estándares para resolver problemas inventivos”) (en línea). *Fundación Oficial G. S. Altshuller*. Recuperado el 16 de agosto de 2020 de <https://www.altshuller.ru/triz/standards1.asp>.
- ALTSHULLER, Genrich Saulovich. (1975b). “О Прогнозировании развития технических систем”, (“Sobre la previsión en el desarrollo de los sistemas técnicos”) (en línea). *Fundación Oficial G. S. Altshuller*. Recuperado el 23 de agosto de 2020 de <https://www.altshuller.ru/triz/zrts3.asp>.
- ALTSHULLER, Genrich Saulovich. (1979a). “Сила знания. Как объять необъятную информацию”, (“El poder del conocimiento. Cómo captar información ilimitada”) (en línea). *Fundación Oficial G. S. Altshuller*. Recuperado el 3 de agosto de 2020 de <https://www.altshuller.ru/triz/triz10.asp>.
- ALTSHULLER, Genrich Saulovich. (1979b). “О применении АРИЗ к электронике, радиотехнике и схемным задачам”, (“Acerca de la aplicación de ARIZ a la electrónica, la ingeniería de radio y las tareas esquemáticas”) (en línea).

- Fundación Oficial G. S. Altshuller*. Recuperado el 22 de octubre de 2020 de <https://www.altshuller.ru/triz/investigations6.asp>.
- ALTSHELLER, Genrich Saulovich. (1979c). “Как решать задачи”, (“Cómo resolver problemas”) (en línea). *Fundación Oficial G. S. Altshuller*. Recuperado el 2 de agosto de 2020 de <https://www.altshuller.ru/triz/triz9.asp>.
- ALTSHELLER, Genrich Saulovich. (1982). “Реквием по мпио”, (“Réquiem por el ensayo y error”) (en línea). *Fundación Oficial G. S. Altshuller*. Recuperado el 3 de septiembre de 2020 de <https://www.altshuller.ru/triz/triz29.asp>.
- ALTSHELLER, Genrich Saulovich. (1988). “Теория решения Изобретательских задач, Справка ‘Триз-88’”, (“Teoría para resolver problemas inventivos, referencia ‘TRIZ-88’”) (en línea). *Fundación Oficial G. S. Altshuller*. Recuperado el 15 de septiembre de 2020 de <https://www.altshuller.ru/engineering/engineering16.asp>.
- ALTSHELLER, Genrich Saulovich. (1984 [1979]). *Creativity as an Exact Science. The Theory of the Solution of Inventive Problems*. Gordon and Breach Publishers.
- BLAIR, Homer Orrin. (1973). “Inventions in the Soviet Union”. *The International Lawyer*, 7(2), 485-491. Recuperado el 21 de agosto de 2020 de https://scholar.smu.edu/til/vol7/iss2/18?utm_source=scholar.smu.edu%2Ftil%2Fvol7%2Fiss2%2F18&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages.
- BÖHLE, Rüdiger. (1978). *Der Begriff des Individuums bei Leibniz*. Verlag Anton Hain.
- CAMERON, Gordon. (2010). *Trizics. Teach yourself TRIZ, how to invent, innovate and solve “impossible” technical problems systematically*. CreateSpace.
- CÓRDOVA LÓPEZ, Edgardo, (2004). *TRIZ: una metodología para la innovación sistemática (Una aplicación en la industria automotriz)*. [Ponencia] Congreso Anual Internacional de la Academia de Ciencias Administrativas, A.C., Acapulco, México.
- FAN, Yongkui; WANG, Guanghui; ZHU, Zhongxiang; HE, Changbin, (2016). *Application of TRIZ theory in agricultural equipment manufacturing*. [Ponencia] American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting, Orlando, Estados Unidos. <https://doi.org/10.13031/aim.20162460022>.
- FEEY, Victor; RIVIN, Eugen. (2005). *Innovation on Demand. New Product Development Using TRIZ*. Cambridge University Press.

- GADD, Karen. (2011). *TRIZ For Engineers: Enabling Inventive Problem Solving*. John Wiley & Sons Ltd.
- HEIDEGGER, Martin. (1975 [1927]). *Die Grundprobleme der Phänomenologie*. En Martin Heidegger. *Gesammelte Werke*, Vol. 24 (pp. 1-471). Vittorio Klostermann.
- HUSSERL, Edmund. (1976 [1913]). *Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie. Erstes Buch. Allgemeine Einführung in die reine Phänomenologie*. En Karl Schuhmann (Ed.). *Husserliana-Gesammelte Werke*, Vol. 3.1, (pp.3-360) Martinus Nijhoff.
- KANT, Immanuel. (1911 [1787]). *Kritik der reinen Vernunft*. En Preußischen (posteriormente Deutschen) Akademie der Wissenschaften (Ed.) *Kants Gesammelte Schriften*, Vol 3 (pp. 1-552). Georg Reiner.
- LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm. (1978 [1712]). *Réponse aux réflexions contenues dans la seconde édition du Dictionnaire critique de M. Bayle, article Rorarius, sur le système de l'Harmonie préétablie*. En Carl Immanuel Gerhardt (Ed.). *Die philosophischen Schriften von Gottfried Wilhelm Leibniz*, Vol. 4, (pp. 554-571). Georg Olms Verlag.
- LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm. (1999a [1683]). *Filum cogitandi sive de logica nova condenda*. En Preußischen (posteriormente Deutschen) Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Ed.), *Sämtliche Schriften und Briefe von Gottfried Wilhelm Leibniz*, Serie VI, vol. 4, (pp. 532-537). Akademie Verlag.
- LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm. (1999b [1688]). *De arte characteristic ad perficiendas scientias ratione nitentes*. En Preußischen (posteriormente Deutschen) Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Ed.) *Sämtliche Schriften und Briefe von Gottfried Wilhelm Leibniz*, Serie VI, vol. 4, (pp. 909-915). Akademie Verlag.
- LEIBNIZ, Gottfried, Wilhelm. (2009 [1687]). *Carta de Leibniz a Philipp Jakob Spener*. En Preußischen (posteriormente Deutschen) Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Ed.). *Sämtliche Schriften und Briefe von Gottfried Wilhelm Leibniz*, Serie II, vol. 2, (pp. 211-214). Akademie Verlag.
- LUNA ALCOBA, Manuel (2020). *Tres ejemplos prácticos de aplicación del E-prime y la TRIZ a los análisis sobre seguridad y terrorismo* (en línea). Google Libros. https://books.google.com/books/about/Tres_ejemplos_pr%C3%A1cticos_de_aplicaci%C3%B3n.html?id=JbbvDwAAQBAJ.

- LUNA ALCOBA, Manuel (2021). *TRIZ como ars inveniendi. La ciencia de la creatividad desde Leibniz hasta Altshuller* (en línea). Google Libros. https://books.google.com/books/about/TRIZ_como_ars_inveniendi.html?id=Mt4_EAAAQBAJ.
- MADARA, Diana Starovoytova, (2015). “Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ). His-story”, *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 2(7), 86-95. Recuperado el 5 de junio de 2019 de https://ijiset.com/vol2/v2s7/IJISSET_V2_I6_13.pdf.
- ORLOFF, Michael Arman, (2003). *Inventive Thinking through TRIZ. A Practical Guide with 329 Examples and 228 Figures*. Springer-Verlag.
- ПЕТРОВ, Vladimir (2008). История развития алгоритма решения изобретательских задач – АРИЗ (*Historia del desarrollo del algoritmo para la resolución de problemas inventivos, ARIZ*). Rideró.
- RAO, Singresu, (2020 [2019]). *Engineering Optimization Theory and Practice*, John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119454816>.
- RUSSELL, Bertrand; WHITEHEAD, Alfred North. (1910). *Principia Mathematica*, Vol. 1. Cambridge University Press.
- SAVRANSKY, Semyon Dima, (2000). *Engineering Of Creativity (Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving)*. CRC Press.
- SALAMATOV, Yuri, (2005[1999]). En Oleg Kraev (Trad.). *TRIZ: The Right Solution at The Right Time: A Guide to Innovative Problem Solving*. Institute of Innovation Design.
- ZHURAVLYOVA, Valentina, (2005 [1969]). “Snow Bridge over the Abyss”. En Genrich Altshuller y Valentina Zhuravlyova. *Ballad of the Stars. Stories of Science fiction. Ultrimagination and TRIZ*. (pp. 93-125). Technical Innovation Center Inc.
- ZLOTIN, Boris; ZUSMAN, Alla, (1991). “Поиск новых идей в науке” (“Búsqueda de nuevas ideas en ciencia”). En Boris Zlotin y Alla Zusman (Eds.) *Решение исследовательских задач (Resolución de problemas de investigación)* (pp. 22-146). ISTC Progreso.