

Significado y vivencias de la sustancia (II parte)*

*Álvaro Zamora

De la analogía hecha a partir de aquella *sustancia* deliciosa^[1] (que L'Agüela incluso consideraba curativa) pasamos a condensar la noción filosófica.

El vocablo español proviene del latín *Substantia*, utilizado por los medievales para la evocar la griega *ousía* (Οὐσία). Ferrater informa que hay diferentes criterios sobre la primogenitura del término. Por ejemplo, R. Eucken (*Geschichte der philosophischen Terminologie*) la atribuye a Quintiliano; pero C. Arpe (*Philologus*) se la concede a Séneca. Según varios especialistas, en la antigua Grecia tien varias connotaciones; *vgr.*: lo que *de suyo* es una persona; aunque también denota –con aparente sutileza *vocativa*, aunque honda resemantización filosófica– algo *propio* en las cosas; que *es por y para sí mismo* esto o aquello.

Idea semejante sirve en la antigüedad para denotar el *ser corporal real*; es decir, el *ente* en tanto presencia contrapuesta a su representación cual imagen o *ausencia*.

Platón ofrece una concepción parecida, aunque con ambiguos matices: en *Fedón* indica el *qué* de cada idea y luego –con leve aunque significativo cambio de timón– en la *República* denota la *cualidad esencial de algo*. Esto último pareciera una simple redundancia, pues parece aludir *al verde del verde*. Pero, en realidad, el asunto alberga complicaciones muy interesantes desde el punto de vista ontológico, con notables consecuencias

gnoseológicas. Sirva para ejemplificar tales dificultades un ejemplo: sería erróneo afirmar –al menos desde la *República*– que el *bien* sea la *ousía* de lo bueno, pues según Platón el *Bien* la trasciende.

Si, como ha sucedido en repetidas ocasiones, la idea de substancia se toma en el sentido de *esencia*, hay que darle seguimiento a extenuantes jornadas filosóficas que van desde la antigua Atenas de Platón hasta las universidades de Gotinga o de Friburgo, donde Husserl ejerció la docencia.

Tras un examen del concepto, Ferrater (1999, 2673) juzga que, entre los clásicos griegos, “solo Aristóteles dio al término *ousía* una importancia filosófica central”. Baste aquí recordar el concepto tal como aparece en un famoso inventario de textos aristotélicos, ofrecido por Andrónico de Rodas en el siglo I a.C. con el ambiguo pero enjundioso título Τα Μετα Τα φυσικά (*más allá de la Física*).

Esa obra se conoce, desde entonces, como *Metafísica*, y ha influido hondamente sobre la posteridad filosófica. Para el hispanoparlante resulta apreciable una edición trilingüe, debida a Valentín García Yebra (1970, 247). Ahí –Libro V, § 10– se encuentra esta definición: *substancia se llaman los cuerpos simples, por ejemplo la Tierra, el Fuego, el Agua y todas las cosas semejantes, y, en general los cuerpos y los componentes de estos, tanto animales como demonios, y las partes de estos*.

Lejos de la exactitud que parece alentar dicha explicación, Aristóteles abre ahí rutas al desconcierto. M. V. Wedin (2000, 167) advierte cuatro términos que en la obra aristotélica pueden reclamar el título de *substancia*: “la esencia (τὸ τί ἦν εἶναι), lo universal (τὸ καθόλου), el género (τὸ γένος) y el sujeto (τὸ ὑποκείμενον)”.

Además, en el referido Libro V (247), Aristóteles toma por substancias a “en general”, a “los cuerpos y los componentes

de éstos, tanto animales como demonios [*seres intermedios entre dioses y hombres*], y las partes de éstos". Él explica que todos ellos reciben la denominación de *marras* porque "las demás cosas se predicán de estas" sustancias, no a la inversa. Pero, seguidamente apunta que, "en otro sentido, se llama *substancia* lo que sea causa inmanente del ser en todas aquellas cosas que no se predicán del sujeto (*cfr.* 247). Es decir, la *ousía* también puede ser entendida *cual esencia*.

Para birlar ambigüedades, el oriundo de la antigua Estagira (Macedonia) propone una distinción entre la *ousía* primera (a la que entenderíamos propiamente como *substancia*) y la *ousía* segunda (con la denotación de *esencia*).

La primera ha de ser entendida, formalmente, *cual entidad*, pues remite al ente concreto (Danilo o María, el caballo, la mesa); entiéndase un *existente real*, del cual se puede predicar esto o aquello. Tal idea fue teorizada luego por los metafísicos medievales como *subiectum*. No se confunda tal uso del vocablo con la psicológica idea moderna de sujeto.

La segunda denotación apunta a algo secundario y, por eso resulta problemática, como se explica más adelante.

Ferrater (3397) resume la pluralidad significativa de *sustancia* en el aristotelismo, con sus ambigüedades y confusiones: "durante un tiempo se usó la palabra *sustantia* para οὐσία" y para ὑπόστασις (*hipóstasis*: ser de un modo verdadero). Aunque podrían usar "*substantia*", los pensadores medievales han preferido traducir la noción aristotélica de ὑποκείμενον (sustrato material) en un sentido análogo al "vocablo sujeto" y referirlo al hombre individual, o al caballo, a la mesa y a cualquier individuo. Se trata de sustancias primeras en el sentido de que existen realmente^[2]. En cambio, los *nombres* hombre, caballo o mesa no son realidades sustanciales, aunque pueden ser atendidos *cual* esencias: caballo es *x*, hombre es *z*, y así sucesivamente. El Libro V, § 8 de la *Metafísica* lo explica así: "la sustancia

se dice en dos sentidos: el sujeto último, que ya no se predica de otro, y lo que, siendo algo determinado, es también separable. Y es tal la forma y la especie de cada cosa”.

Autores como Cramer y Ross, señalan que la sustancia aristotélica es algo individual. Como es irreductible ontológicamente, debe ser considerada cual concepto único de lo que no se halla en otra cosa.

Ross (1957) insiste dicha sustancia es anterior a cualquier categoría del ser, al menos en tres sentidos: 1. *existencial*, por ser independiente e incluir al objeto o ente total, sus relaciones y cualidades, las cuales, Inversamente, solo existen en una sustancia; 2. *lógico*, pues la sustancia no necesita de la cualidad para ser definida pero, inversamente, toda predicación categorial requiere de la sustancia. 3. *epistemológico*, pues gracias a ella se sabe *qué es algo* y ella se conoce antes sus cualidades y su cantidad.

García Yebra refiere a la sustancia como *existente real* o como *entelequia*, pero hay traductores que también la vierten al español como *acto*. No se profundiza aquí en ello, para evitar desviaciones por caminos de la teoría de la traducción, de la hermenéutica o incluso de la reformulación medieval de la obra aristotélica.

La sustancia primera es, formalmente (es decir, en cuanto *forma*), *la entidad*; remite al ente concreto (Danilo o María, el caballo, la mesa) como existente real y del cual se puede predicar esto o aquello.

Según Aristóteles, nada existiría sin las sustancias primeras. Sobre las secundarias, advierte que son impropias; por eso podría objetársele el uso del mismo término para denotarlas. Es más, pareciera que las sustancias secundarias no encajan en la definición de sustancia como “causa inmanente del ser” (247) usada por el macedonio^[3].

Esa *sustancia secundaria* obedece a cierto apuro para explicar raras determinaciones de lo que (ya) son las sustancias primarias. Si se buscara un ejemplo contemporáneo de eso, resultaría sugestiva la imagen de una feminista aristotélica. Ella explicaría que decir *Agüela es mujer* no significa que ser mujer deba entenderse cual si *ser mujer* fuera un *componente accidental* de L'Agüela. Accidentales serían hechos como que esa señora sea *morena* o que *cocine bien*.

Es decir, la feminista aristotélica afirmaría que el *ser mujer de Agüela* no es un *accidente*, sino una condición substancial secundaria, la cual carece de la primacía de aquella otra, denotada en la expresión *ella es un ser humano*.

Lamentablemente, en eso –como en otros temas metafísicos– los problemas desbordan a las soluciones. Por ejemplo, no debe confundirse la sustancia con la *identidad*, de la que Aristóteles también acuña dos acepciones. De un lado, pone la *identidad accidental*. Por ejemplo, en la expresión *ese hombre es músico*, el segundo término denota algo accidental *del hombre*. Pero ambos términos denotan de forma intrínseca, en ese caso, a *dicho hombre músico*. Es decir, se refieren concreta y específicamente a *ese hombre* –Danilo– que *accidentalmente* es mi amigo desde hace muchos años.

Con otras palabras: ser músico es *algo que caracteriza cual accidente* de ese hombre, a Danilo (que *no* es Álvaro, ni Mario, ni Guillermo). Pero *hombre* y *músico* se unen para predicar unívocamente *hombre músico* cual caracterización suya.

No obstante, el mismo Aristóteles precisa que *su* identidad carece del carácter ontológico que correspondería al sentido universal de *identidad*. Es que *no todo hombre es músico*. He ahí una *verdad de Perogrullo*, se dirá y así lo parece, pero en términos aristotélicos no lo es realmente. Por el contrario, la idea ha suscitado hondas polémicas a lo largo de la historia. Incluso Sartre –un pensador tan alejado de Aristóteles por siglos y por principios– opone al marxismo

ortodoxo una idea parecida a esa^[4].

Es tópico muy comentado que, para Aristóteles, lo *universal* existe de suyo *en y por sí*, mientras que lo *accidental* solo existe cual atributo de cada ente particular. No ha de extrañar, por tanto, que su *Metafísica* investigue las últimas causas del *ser*; al que considera trascendente y real. Lo accidental “se da en algo y se le puede atribuir verdad” (299). De hecho, un accidente puede caracterizar a ese individuo, aunque no esté presente en otro. Danilo es *músico*; también es amigo de alguien, es inteligente, es gordo. Tales *accidentes* lo caracterizan; pero ninguno de ellos es la *ousía* de *ser hombre*. Con otras palabras: *hay* individuos que, sin saber música, son *tan hombres* como Danilo. Pueden ser más delgados, más altos, más temerarios que él, pero igual *son hombres*.

También es accidental que Danilo *haya llegado a ser músico*; como es accidental que en su país haya un conservatorio o que por razones diversas (puramente contingentes) él haya sido motivado para estudiar música. O sea, “el accidente [ser músico] se ha producido o existe”. Pero –dicho con lenguaje del Libro V § 25 (300)– ser músico no es *ser hombre* en cuanto *tal* [*ousía*] sino en cuanto otro, pues las causas de que Danilo sea músico han sido azarosas. Es más, algo accidental puede ser “fortuito y ocasional”, algo que –como esa *embriaguez de Juan*– es verdadero en este “instante, pero dejará de serlo” dentro de unos minutos. (De Crescenzo, 1997, 120)

He ahí un sentido aristotélico del término accidente. En otro sentido –también contrapuesto al de *substancia*– se entiende “todo aquello que es inherente a algo en cuanto a tal sin pertenecer a la *substancia*” (301). No seguimos aquí otras particularidades de dicho término; nos basta evocar un aserto heredado por Aristóteles a la epistemología realista: *no hay ciencia de lo accidental*. (cfr. Libro XI, 530-597)

Resulta evidente que la referida noción de substancia es *positiva*. Con ella se alimenta gran parte del pensamiento medieval. En la denominada *Modernidad*, sufre transformaciones; y luego, entre los contemporáneos, decae por razones diversas. Sobre tales rumbos de dicho arcaísmo filosófico serán escritas otras *Perspectivas*. Mientras tanto, conviene visitar la cocina L'Agüela, para disfrutar de una succulenta pausa.

Bibliografía

Aristóteles (1998) *Metafísica* (ed. V. García). Madrid: Gredos.

_____ (s.f) *Segundos analíticos* (trad. P. de Azcárate).
En:

onemorelibrary.com/index.php/es/libros/filosofia-y-psicologia/book/epistemologia-237/segundos-analiticos-792

Arpe, C. Substantia. En: es.scribd.com/document/319753512/C

De Crescenzo (1997) *Historia de la filosofía griega. Segunda parte: de Sócrates en adelante* (trad. J. Binaghi). Barcelona: Seix Barral.

Eucken, E. (1879) *Geschichte der philosophischen Terminologie*.
En: es.scribd.com/document/167760258/Eucken-Rudolf-1846-1926

Ferrater, J. (1999) *Diccionario de Filosofía* (4 tomos). Barcelona: Ariel.

Parain, B. (ed.) (1984) *Historia de la filosofía. La filosofía griega* (trad. S. Juliá y M. Bilbatúa). México: Siglo XXI.

Platón (1949) *La república* (3 tomos) (trad. J. M. Pabón y M. Fernández). Madrid: IEP.

Ross, D. (1957) *Aristóteles* (trad. D. Pró). Buenos Aires: Sudamericana.

Sartre, J-P- (1979) *Crítica de la razón dialéctica. Precedida de Cuestiones de método* (trad. M. Lamana). Buenos Aires: Losada.

Wedding, M. (2000) *Aristotle's Theory of Substance*. NY: Oxford.

[1] Por un accidente del gusto, se hará referencia a esa -cocinada por L'Agüela- como *sustancia*; la otra será apuntada como *substancia*.

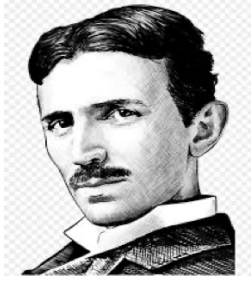
[2] Consecuentemente, se dirá, con Wedin (2000, 6) que, desde el punto de vista lógico, la denominación de *substancia* resulta adecuada para: “la esencia, lo universal, el género y el sujeto o aquello que subyace”. Wedin advierte, además, que el concepto de forma, en la *Metafísica* puede servir como el componente estructural que ha de tomarse como “*sustancia de una sustancia*”

[3] Wedin (2000, 92-96) ofrece un extenso análisis sobre el estatuto de las pretendidas *substancias secundarias*, *cfr.* 6. The Status of Secondary Substances.

[4] *Cfr.* Cuestiones de método, II. El problema de las mediaciones y de las disciplinas auxiliares (Sartre, 1979, I, 53).

Nikola Tesla (Inventores IV)

*Mario Alfaro



Nikola Tesla (1856-1943)

“El desarrollo progresivo del hombre depende

Fundamentalmente de sus inventos”

(Nikola Tesla)

A Mario Isaac, quien se dedica al

Estudio de la ingeniería.

Nikola Tesla nació en 1856 en la ciudad de Smiljan, Croacia. Murió en 1943 en New York de un infarto cardiaco.

Es conocido que Nikola Tesla fue un extraordinario inventor, algunos historiadores de la ciencia y la tecnología^[1] cuentan que su producción pasa de los setecientos inventos, casi tantos como los que hizo Thomas Alva Edison, solo que no contó con la misma suerte y patrocinio que Edison, es más, en su momento fue marginado y hasta explotado. En esta columna trataré de exponer el porqué de este asunto y mencionaré algunos de sus inventos que tuvieron mayor impacto. Vale decir que no entraré en detalle alguno sobre el funcionamiento de sus inventos por ser un tema que más bien corresponde a ingenieros y científicos, y que además ya han hecho esta tarea y publicado numerosos artículos en revistas, manuales para la enseñanza y libros.

Tesla fue inventor, científico y tecnólogo y le hizo honor a cada una de esas actividades. Como inventor se sabe que hizo

alrededor de setecientos inventos, se patentaron seiscientos de ellos, aunque esas patentes no tuvieron mucha divulgación, esa fue una razón por la que por algún tiempo pasó un tanto desapercibido a pesar de su genio creativo. En 1919 se publicó un libro autobiográfico titulado “Mis inventos” y que fue una compilación hecha por Ben Johnston y basada en seis artículos publicados por el mismo Tesla en la revista “Electrical Experimenter” no obstante en ese libro no aparece más que parte de la producción, técnica, científica y tecnológica de Tesla, la obra se publica cuando Tesla tiene 63 años y despertó un relativo interés que aumentó después de su muerte en 1943.

Como inventor fue un apasionado, trabajador insigne y sobre todo altruista, poco interés por el dinero. Para Tesla el trabajo de inventor debería ser siempre un acto de placer, por ello debería hacerse de manera libre, es decir, sin estar sometido a normas rígidas y con asignación de tiempos para lograr resultados, eso lo defendía poniendo de ejemplo a su madre que también fue inventora importante y fue exitosa en el diseño de ropa y que, lo logró sin que nadie se lo solicitara ni le impusiera nada.^[2] Nos parece que esto es una clara reacción y crítica a las normas laborales establecidas ya desde antes de la consolidación de la segunda etapa de la Revolución Industrial, etapa a la que también Tesla ayuda con su fundamental aporte de la corriente alterna, a pesar de que Edison era partidario de la corriente directa.

Otro aspecto por destacar tiene que ver con la finalidad que han de tener los inventos, los descubrimientos científicos y los productos tecnológicos, todo eso tiene sentido si están dirigidos a ayudar a las personas menos privilegiadas, así la electricidad tendrá mayor sentido cuando sirva para “alumbrar a las comunidades que viven a oscuras”. Por ello dedica tanto tiempo a la invención de un sistema que sea capaz de transmitir electricidad sin cables y que pueda llegar al mayor número.^[3] El genio creador será siempre más importante que los

reconocimientos formales y materiales (incluso los económicos), si soluciona problemas humanos. [\[4\]](#)

En cuanto a la obra material de Tesla, la lista es extensa. A continuación cito sólo cinco de esas 10 publicada de setiembre del 2018 y preparada con la participación de industriales y usuarios.

1. Motor eléctrico. Su uso más importante es en automóviles, aunque no exclusivamente.

- La corriente alterna, como se mencionó antes, fue el invento que provocó la gran discusión con Edison y sus seguidores. Como es de suponer, los empresarios dueños de las minas de cobre tanta en Estados Unidos como en otros lugares estuvieron al lado de Edison.
- Sistema la generación, acumulación y transmisión de energía a grandes distancias, gratuita y dirigida toda la mayor cantidad posible de ciudadanos.
- La radio. Por mucho tiempo se tuvo por cierto que Guillermo Marconi había sido el inventor de la radio, sin embargo, poco tiempo después de la muerte de Tesla se descubrió en el archivo del cuarto del hotel en Nueva York donde vivía Tesla, que había sido él el inventor mucho antes que Marconi, eso generó una gran polémica lo que trajo como consecuencia que finalmente la Corte Suprema revocó la patente asignada al italiano. [\[5\]](#)
- Teslascopio. Esta invención es una de las curiosidades de Tesla, fue un intento del inventor por entrar en el ámbito de la ciencia ficción por la que mostró mucho interés, según él, el Teslascopio era un medio para entrar en comunicación con seres extraterrestres e inteligentes, para lograrlo, el medio sería la utilización del principio de propagación de ondas eléctricas.

En esta breve columna, un par de textos escritos por el propio Tesla, y agregados por el editor en una edición posterior al libro "Mis inventos", aunque no aparece el nombre de dicho editor. En ambos Tesla reflexiona sobre el significado e impacto que tiene el trabajo del inventor. No se pudo encontrar la fecha de publicación de esta edición, es de sospechar que la publicación es posterior a la muerte de Tesla.

Nota 1. "El desarrollo progresivo del hombre depende vitalmente de la invención; es el producto más importante de su cerebro creativo. Su propósito último es el dominio completo de la mente sobre el mundo material, el aprovechamiento de las fuerzas de la naturaleza para las necesidades humanas. Esta es la difícil tarea del inventor, a quien a menudo no se le comprende ni se recompensa. Pero él encuentra amplia compensación en el agradable ejercicio de sus poderes y en la conciencia de pertenecer a esa clase excepcionalmente privilegiada, sin la cual la raza habría perecido hace tiempo en la amarga lucha contra los elementos inclementes de la naturaleza" (1)

Nota 2. Por lo que se refiere a mí, yo ya he tenido toda mi ración de este placer exquisito, en tal medida que durante muchos años mi vida prácticamente fue un éxtasis constante. Se me considera uno de los trabajadores más dedicados y si el pensamiento es un equivalente de la tarea quizá lo soy, pues a él he consagrado casi todas mis horas de vigilia. Pero si el trabajo se interpreta como un rendimiento determinado durante un tiempo específico de acuerdo con una regla rígida, entonces puede que yo haya sido el peor de los haraganes. Cada esfuerzo coaccionado exige un sacrificio de energía vital (2) [\[6\]](#)

Bibliografía consultada

1. Diamond, J (1998), Armas, Gérmenes y Acero, Editorial Debate, S. A., Madrid España. Traducción al castellano de Fabián Chueca. Se utiliza capítulo 13, de página 273

a 302. (La madre de la necesidad).

- Sánchez, R. J M, (2007), El poder de la ciencia. Historia social, política, y económica de la ciencia (siglos XIX y XX), Barcelona, España, Editorial Crítica, S.A.
- Waston, P (2015) Ideas, Historia Intelectual de la Humanidad, Editorial Barcelona, España. Se utiliza primera parte “La evolución de la imaginación”, páginas 34 a 61.

4. Williams, T. (1992), Historia de la tecnología, desde 1900 hasta 1950, V4, Tomo 1, México, Siglo XXI, editores.

[\[1\]](#) William, T (1982) Historia de la tecnología, desde 1900 hasta 1950, Volumen 4, tomo I, México, Siglo XXI, Editores. En las páginas 117,118, 119 y siguientes el autor relata uno de los aportes más significativos, sin ser los únicos, a saber los motores eléctricos, tanto el de corriente continua como el de corriente directa.

[\[2\]](#) Ante esta situación, sin duda nuestro autor no podría realizar investigaciones ni invenciones en nuestro medio, ya que, al igual que lo percibía Tesla en su tiempo, la burocratización, los cronogramas, avances y sobre todo definir con anticipación de lo que se requiere es condición necesaria para la financiación de proyectos. Tesla lo vivió, especialmente cuando trabajó al servicio de Edison.

[\[3\]](#) Notamos en Nikola Tesla tiene una visión ética del trabajo, sin duda el utilitarismo, bajo la máxima de que el trabajo tiene sentido moral si la consecuencia del mismo implica el mayor beneficio (felicidad) para el mayor número. Estamos en la segunda mitad del siglo XIX.

[4] En diferentes publicaciones de INTERNET se afirma con mucha frecuencia, que esa manera de hacer e interpretar el trabajo de Tesla fue lo que generó las serias diferencias que tuvo con Edison, llegando a tanto que rompió con él que lo había contratado en 1884 para que le ayudara a corregir errores y mejorar la eficiencia de sus objetos tecnológicos. Tesla fue explotado sin misericordia por Edison quien le pagaba una miseria y lo obligaba a trabajar hasta 12 horas diarias. Tanto Edison como Tesla tuvieron relaciones comerciales y empresariales, con mayor éxito Edison.

[5] <http://www.unsurcoenlasombra.com/los-10-inventos-de-nikola-tesla-que-cambiaron-el-mundo/>

[6] Los textos 1 y 2 arriba indicados han sido tomados del libro "Mis inventos" Página 151 y 152 respectivamente.

Las paradojas (II parte)

[Apuntes de clase] *

*Álvaro Carvajal Villaplana

3. Las paradojas en Bertrand Russell

Russell descubre la paradoja de las clases entre 1901 y 1905, la fecha exacta es difícil de precisar. La Paradoja de Russell puede analizarse o dividirse en tres (Ferrater Mora, 1983, 661-662):

- *La paradoja de las clases:* esta paradoja consiste en que

hay clases que no pertenecen a sí mismas, como la clase de todos los perros. Hay clases que pertenecen a sí mismas, como la clase de todas las clases, que es una clase.

- *La paradoja de las relaciones:* dadas tres relaciones, P, Q, R, hay que admitir que P relaciona R con Q si y solo si no es cierto que P relaciona R con Q. Pero Habida cuenta de que si algo es cierto del todo, es cierto de un elemento del todo, resulta que R relaciona R con Q si y solo si no es cierto que R relaciona R con Q.
- *Paradoja de las propiedades:* Hay propiedades que no se aplican a sí mismas, como la propiedad de ser una silla, que no es una silla. Estas son llamadas “propiedades impredicables”. Hay propiedades que se aplican a sí mismas, como la propiedad de ser concebible, la cual es concebible. Estas son llamadas “propiedades predicables”. Considerase la propiedad de ser impredicable. Si esta propiedad es predicable, no se aplica a sí misma y es, por tanto, impredicable, se aplica a sí misma y, por tanto, es predicable.

En resumen: se trata de una paradoja de autoinclusión de una clase. Especialmente de aquellas clases que no tienen la propiedad de autoinclusión. Si R es la clase de todas las clases que no se autoincluyen, la paradoja nace al preguntar si R se pertenece o no a sí misma, si no se pertenece, entonces satisface su propiedad definitoria y, por ello, se pertenece a sí misma. Pero si se pertenece no satisface su propiedad definitoria y, por ende, no se pertenece a sí misma (Kilmister, 1992; Russell, 1982, p. 76-77).

4. Solución a las paradojas

En términos generales la solución a las paradojas se encuentra en que en el lenguaje común, las antinomias se producen porque la verdad o la falsedad, así como la

pertenencia o no al conjunto, se incluyen en un mismo nivel de lenguaje. Lo cual no es posible, ya que Un mismo nivel de lenguaje no puede referirse a sí mismo; por lo que se ha utilizar otro nivel de lenguaje para referirse al anterior. Se presentan tres tipo de solución.

(a) Para su solución, Russell, por ejemplo, establece *la teoría de los tipos* (la teoría simple) para resolver su paradoja de los conjuntos, así cada tipo de lenguaje se refiere al tipo anterior. La teoría de los tipos divide el universo del discurso en una jerarquía (Haack, 1982, 164; Rodríguez, 1996, 116), de la siguiente manera:

- individuos
(tipo 0) x_0
- conjunto de individuos (tipo 1) x_1
- conjunto de conjuntos de individuos (tipo 2) x_2
- conjunto de conjuntos de (tipo n) x_n

Tenemos así que:

- Las clases son de diferente tipo lógico.
- Una clase no puede incluirse a sí misma como clase, sino que debe estar en otro nivel.
- No puede darse el caso que se reemplace en una sentencia inteligible un nombre individual de clase o uno de clases por el nombre de clases de clases.

Por ejemplo:

- "Russell ha muerto" (tiene sentido)
- "La clase de los hombres ha muerto" (No tiene sentido)
- "La clase de los hombres tiene tres miembros" (tiene sentido, pero es falsa)
- "Russell tiene tres miembros" (No tiene sentido)

En donde una oración no tiene sentido, su negación tampoco lo

tiene.

(b) La *teoría ramifica de los tipos* (la teoría compleja) de Russell, en cambio, establece una jerarquía de órdenes de “proposiciones” (oraciones cerradas) y “funciones proporcionales” (oraciones abiertas), así como una restricción de que ninguna proposición (función proposicional) puede ser “acerca de”, i.e., que contenga un cuantificador que abarque a proposiciones (funciones proposicionales) del mismo orden o superior que el suyo propio. Se utiliza para resolver las teorías sobre la verdad y la falsedad autorreferentes como las del mentiroso.

La solución entonces tiene que ver con la distinción de niveles de lenguajes, en donde la verdad o falsedad de un enunciado es expresado por un predicado del siguiente nivel. Russell toma de Giuseppe Peano la reducción de todas las demás nociones aritméticas a tres ideas no definibles aritméticamente: “cero”, “número” y “sucesor”; de tal manera, las dirimió en términos de la teoría de las relaciones lógicas entre clases o conjuntos.

Russell definió un número como una clase de clases con el mismo número de miembros, el número dos, por ejemplo, como la clase de los pares, y así sucesivamente.

Existen otras soluciones aportados por Tarsky y Kripke, las cuales no se expondrán (véase Haack, 1982).

(c) La paradoja del barbero, dice que en la ciudad de Sevilla, existe un hombre que es barbero que afeita a los hombres, si y sólo si no se afeitan a sí mismos. El problema reside al responder a la pregunta ¿Se afeita el barbero a sí mismo?, si el barbero es vecino del lugar, se concluye que si se afeita a sí mismo, entonces no se afeita a sí mismo, pero, sino se afeita a sí mismo, entonces se afeita así mismo. Es obvio que se parte de unas premisas que son imposibles que se den. La definición del Barbero nos lleva a deducir que no existe tal

barbero.

Bibliografía

Alston, W.P.; et. al; (1967/1976) *Los orígenes de la filosofía analítica*. Moore, Russell y Wittgenstein. Madrid: Tecnos.

Ferrater Mora, José; 1999. *Diccionario de filosofía de bolsillo*. Tomo 2. Madrid: Alianza.

Haack, Susan; (1978/1982) *Filosofía de las lógicas*. Madrid: Cátedra.

Kilmister, C. W., (1984/1992) Russell. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.

Russell, Bertrand; (1959/1982) *La evolución de mi pensamiento filosófico*. 2º ed. Madrid: Alianza Editorial.

Rodríguez, Rodolfo; (1996). *El mundo de la lógica: de la paradoja de la verdad*. San José: Imprenta de la Ciudad Hogar Calasanz.

Smullyan, Raymond; (1978/1984) *¿Cómo se llama este libro?* Madrid: Cátedra.

Las paradojas (I parte) [Apuntes de clase]*

*Álvaro Carvajal Villaplana

1. La noción de *paradoja*

El significado etimológico del término *paradoja* es **mara** (*para*): contra y **doxa** (*doxa*):

opinión, es decir, contra opinión, “más allá de la creencia” o antinomias lógicas. Entre sus características están las siguientes:

- Las paradojas muestran que no todas las argumentaciones racionales nos dan una proposición conclusiva única, tal que pueda determinarse que sean válidas o inválidas.
- Son proposiciones “conclusivas” son tales, que si afirmamos su verdad, la argumentación misma llevará a que se afirme su falsedad, cuando se llega a esta última, la argumentación misma conduce de nuevo a su verdad.
- Es una argumentación circular que conduce a dos proposiciones que se contradicen, pero que a la vez se presentan como plausibles. Se caracterizan por dos métodos de razonar, los cuales son posibles, pero que conducen a conclusiones contradictorias.
- Se llega a contradicción por razonamientos aparentemente válidos.
- Las paradojas conducen a un círculo vicioso.
- Las paradojas, especialmente las semánticas, llevan implícito el criterio de verdad y falsedad.

2. Clasificación de las paradojas

Las paradojas se pueden clasificar en dos grandes grupos: las semánticas y las de conjuntos.

(a) *Paradojas de la verdad*: las pueden ser de distinto tipo, las cuales versan sobre la verdad. En general, éstas paradojas son proposiciones autorreferenciales y el tema por excelencia es un juego entre la verdad y la falsedad. El paradigma de paradoja es la del mentiroso, de la cual existen muchas

variantes. Algunas de ellas son:

- “Esta oración es falsa”: si es verdadera, entonces lo que se dice es el caso; por tanto, es falsa. Si es falsa, entonces lo que dice no es el caso; por tanto, es verdadera.
- “La oración siguiente es falsa. La oración anterior es verdadera”.
- La Paradoja de la tarjeta postal: (a) “La oración que hay en la otra cara de esta tarjeta es falsa”. (b) “La oración que hay en la otra cara de esta tarjeta es verdadera”
- La paradoja de “Epiménides”: “Un cretense llamado Epiménides al que se le atribuye haber dicho que todos los cretenses son siempre mentirosos. Si un mentiroso es alguien que siempre dice lo falso, entonces, si lo que dice Epiménides es verdadero, es falso”
- Otra paradoja es la Grelling, que tiene un juego de palabras, por ejemplo “heterológico” y “autológico” (**involucra verdadero y falso de...**). Es una paradoja que versa sobre la denotación. Si dividimos todas las palabras y los enunciados en dos conjuntos, los que se denotan a así mismos (**no verdaderos de sí mismas**) y los que no se denotan así mismos (**verdaderos de sí mismas**). Los primeros serán autológicos (lo que la palabra significa en sí misma, por ej. “corto” es corto y “castellano” es castellano) y los segundos serán heterológicos (las que no son en sí mismas lo que ellas significan, por ejemplo, “invisible” no es invisible, “alemán” no es alemán y “neurótico” no es neurótico).

La paradoja consistiría en lo siguiente: el adjetivo “heterológico” ¿es heterológico o autológico?, si se dice que es heterológico; entonces, se denotará a sí mismo (**no es verdadero de sí mismo**). En consecuencia, será autológico. Si

se dice que es autológico, no se denota a sí mismo (**verdadero de sí mismo**); por tanto, será heterológico (Haack, 1982, p. 159).

- La paradoja de Berry, que involucra términos como “definible” o “especificable”.

(b) *Paradojas de conjuntos*: estas paradojas tienen que ver con la pertenencia o no a un conjunto. En general, se expresa como que algunos conjuntos son miembros de sí, mientras que otros no, por ejemplo:

- El conjunto de los objetos abstractos, al ser él mismo un objeto abstracto, es miembro de sí mismo.
- El conjunto de las vacas, al no ser el mismo una vaca, no es miembro de sí mismo.

Una versión, un tanto más compleja de la anterior paradoja, se presenta cuando se dice:

- El conjunto de los conjuntos que no son miembros de sí mismos ¿Es miembro de sí mismo o no?: (a) Si es miembro de sí mismo, entonces posee la propiedad que poseen todos los miembros del conjunto, es decir, no es miembro de sí mismo. (c) Si no es miembro de sí mismo; entonces, posee la propiedad que califica a un conjunto de pertenecer a sí mismo, por tanto, es miembro de sí mismo.

Una variedad de paradojas fueron descubiertas por varios pensadores, entre ellos se pueden citar las paradojas de Russell, Cantor, Burali-Forti, Ramsey y Gödel (Prueba de completitud). Todas ellas han sido paradojas halladas en el campo de las matemáticas. Las paradojas han derribado teorías lógicas y matemáticas, y obligado a sus defensores a replantear o abandonar las teorías que defendían.

Bibliografía

Alston, W.P.; et. al; (1967/1976) *Los orígenes de la filosofía analítica. Moore, Russell y Wittgenstein*. Madrid: Tecnos.

Ferrater Mora, José; 1999. *Diccionario de filosofía de bolsillo*. Tomo 2. Madrid: Alianza.

Haack, Susan; (1978/1982) *Filosofía de las lógicas*. Madrid: Cátedra.

Kilmister, C. W., (1984/1992) *Russell*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.

Russell, Bertrand; (1959/1982) *La evolución de mi pensamiento filosófico*. 2° ed. Madrid: Alianza Editorial.

Rodríguez, Rodolfo; (1996). *El mundo de la lógica: de la paradoja de la verdad*. San José: Imprenta de la Ciudad Hogar Calasanz.

Smullyan, Raymond; (1978/1984) *¿Cómo se llama este libro?* Madrid: Cátedra.

La tecnología como sistema (VI)

La aplicación del marco general de la ética como articulador de la tecnología en la Cuarta Revolución Industrial

*Celso Vargas Elizondo

Tal y como hemos indicado en las perspectivas anteriores, el desarrollo humano sostenible se adopta como marco ético

general. Esta adopción está a la base de los acuerdos de organizaciones internacionales, estados, organizaciones sociales y ciudadanos. Este marco ético se divide en dos grandes áreas: el desarrollo de capacidades humanas y la seguridad humana. Como indicamos en la perspectiva anterior, la seguridad humana está conformada por siete dimensiones: Seguridad económica, seguridad alimentaria, seguridad sanitaria, seguridad ambiental, seguridad personal, seguridad comunitaria y seguridad política. Ambos lados del desarrollo humano sostenible son relevantes en el desarrollo tecnológico. Pero nuestro énfasis ha estado en el tema de la seguridad humana. Este enfoque ético de la seguridad se convierte en transversal en todos los incontables desarrollos tecnológicos relacionados, en este caso, con la cuarta revolución industrial. Por ello lo más apropiado sea considerar ejemplos específicos de clases de tecnología. Nos limitaremos, por razones de espacio, en dos de estas aplicaciones, esperando que ilustren la forma en la que se puede utilizar el marco ético general establecido en la perspectiva anterior.

Comencemos por uno de esos casos concretos: la tecnología de drones para usos civiles. En este momento y en el futuro muy cercano hay y habrá un importante número de aplicaciones de esta tecnología, incluyendo las siguientes: distintos usos para personas aficionadas a los drones, fotografía aérea, búsqueda y rescate, agricultura de precisión, la investigación con propósitos judiciales y policiales, envíos a domicilio y a otros destinos, monitoreo de zonas de interés comercial como las tuberías que conducen el combustible, mapeo en tres dimensiones, vigilancia, como medio de acceso a internet inalámbrico, y para investigación científicas en áreas como el clima, incluyendo la investigación de huracanes, tornados, sequías y otros fenómenos de interés científico y ambiental.

Su uso en el futuro cercano se verá fuertemente incrementado.

En este caso, hay una serie de riesgos asociados con el uso de los drones. Entre ellos, información obtenida sin el consentimiento de las personas, la afectación a la propiedad de terceros, accidentes asociados con drones que pueden afectar a personas y animales; esto último debido principalmente a errores en la manipulación de estos. Bandas y delincuentes pueden utilizarlos para hacer más selectiva y efectiva la actividad delictiva, pero también pueden ser utilizados por otros individuos para la obtención de secretos industriales, para el espionaje y para obtener otros tipos de información valiosa de las personas. Finalmente, el uso intensivo de estos dispositivos puede afectar aeronaves que vuelan a poca altura o pueden interferir en el aterrizaje de aeronaves en los aeropuertos.

Cuando analizamos este tema desde el punto de vista de la seguridad humana, observamos que varias dimensiones de la seguridad están involucradas. La seguridad personal es la más importante e incluye los siguientes “factores de seguridad”: invasión a la privacidad, abuso de poder sobre las personas, extorsiones, afectación a bienes personales y daños físicos a las personas. Pero también está relacionada con la seguridad comunitaria en aspectos como discriminación por preferencias o consideraciones étnicas y culturales, así como otras formas de inequidad. Finalmente, involucra también la seguridad política en el tanto el uso inadecuado de los drones cerca de aeropuertos e instituciones públicas puede comprometer la seguridad aeroportuaria y de las instituciones. Es interesante observar que muchos de los riesgos de seguridad indicados pueden ser reducidos de manera importante mediante normativa legal apropiada. Los países han estado avanzando en este tipo de regulación por distintos medios como los reglamentos o leyes.

El segundo caso es mucho más general y se relaciona con el uso de inteligencia artificial (IA) en el contexto de la cuarta

revolución industrial. IA es un elemento transversal de las nuevas tecnologías y de su carácter disruptivo. Está a la base de Internet de las Cosas, de la conducción autónoma, de los desarrollos en robótica, del nuevo paradigma en medicina y en los nuevos modelos de inteligencia de mercados, especialmente en las nuevas formas de hacer comercio electrónico, solo para mencionar algunas de sus aplicaciones. Desde luego las aplicaciones militares están a la orden del día, sin embargo, nuestro énfasis es en los usos civiles de estos desarrollos. La tecnología basada en IA tiene un gran beneficio potencial, por ejemplo, para hacer más precisa la cirugía mediante una mejor visualización de los órganos y tejidos (mediante realidad aumentada), así como la utilización de robots en distintos momentos del proceso quirúrgico. Pero también puede ser utilizada para producir daño, no solo en la medicina sino también en todas sus aplicaciones.

Tal y como indica la Unión Europea (ETHICS GUIDELINES FOR TRUSTWORTHY AI, 2019), se debe “poner especial atención a las situaciones que involucren a grupos vulnerables tales como niños, personas con discapacidad y otros que históricamente han estado en desventaja o que están en riesgo de exclusión, y a las situaciones caracterizadas por la asimetría de poder o de información, tales como la que se da entre empleadores y trabajadores o entre empresarios y consumidores”. Aun cuando no resulta fácil anticipar los posibles riesgos, es importante que se esté atento y evaluando de tiempo en tiempo los avances a fin de tomar las medidas que sean más adecuadas para evitar estos daños posibles. La forma de abordaje de esta propuesta de la Unión Europea es términos de principios u orientaciones generales. Considera no solo los riesgos, sino también aquellos aspectos que son potenciadores de las capacidades humanas. De acuerdo con este documento, “el desarrollo, implantación y uso de los sistemas de IA (debe hacerse) de manera tal que adhiera los principios éticos de: respeto por autonomía humana, la prevención del daño, la imparcialidad y comprensibilidad (“explicability”). (Debe) reconocer y abordar

las tensiones potenciales entre estos principios”.

Como se puede concluir de lo dicho hasta el momento, la aplicación de la IA a diferentes tecnologías en los ámbitos de los usos civiles, hay una serie de riesgos asociados con ellos y que vistos desde la seguridad humana, se concentran en las siguientes dimensiones: seguridad económica en el tanto que su utilización en la robótica industrial, en el campo financiero y comercial puede producir desempleo y bajas remuneraciones de manera alarmante a nivel global. Pero también en el ámbito de la seguridad personal. Tal es el caso de los robots de compañía que pueden ser utilizados para extorsionar y robar a personas adultas mayores y a personas con otro tipo de limitaciones por parte de parientes y otras personas cercanas. Será un riesgos el posible acceso a cuentas bancarias o las cuentas bancarias digitales o al uso de tarjetas de créditos de estas personas con el fin de robarles. Pero también, la aplicación de la IA en internet de las cosas puede producir una clara invasión a la privacidad, pues se estaría en capacidad de identificar mejor las preferencias individuales, incluyendo las políticas y religiosas con lo cual se podría atender contra el derecho humano a la intimidad. No solo esto, sino que puede ser utilizado para direccionar actividades comerciales con una mayor especificidad, y creando una potente herramienta para posibilitar el uso de poder contra las personas. También uno de los factores de riesgo muy relevante, indicado anteriormente, es el posible incremento de inequidad y limitación en el acceso a los beneficios derivados del desarrollo social y de estas tecnologías. En el ámbito de la seguridad comunitaria y política, los llamados sectores socialmente vulnerables (niños(as), mujeres, personas adultas mayores, migrantes, personas aborígenes, personas con discapacidad, diversidad sexual, personas con VIH/SIDA y personas adolescentes, para mencionar los principales) son los grupos que podrían ser blancos de actividades delictivas y de distintas y nuevas formas de discriminación.

El enfoque de la seguridad humana, y su naturaleza multidimensional, es un buen instrumento ético que se puede utilizar con mucho éxito para anticipar y prevenir los posibles riesgos asociados con la cuarta revolución industrial. La ética, introducida a nivel de diseño, constituye una valiosa herramienta para articular de manera sistémica esta nueva demanda del desarrollo tecnológico. Debe ser utilizado en el mismo nivel y con el mismo rigor que los estándares y otros procedimientos que se están desarrollando para darle consistencia e integración a los muy distintos y casi ilimitados campos de la innovación tecnológica de esta revolución que están viviendo.

La tecnología como sistema (V)

Marco general de la ética como articulador de la tecnología en la *Cuarta Revolución Industrial*

*Celso Vargas Elizondo

Señalamos en la perspectiva anterior la adaptación por parte de las principales organizaciones internacionales y los estados de los objetivos del desarrollo sostenible con horizonte 2030. Debemos recordar que los cinco elementos articuladores de estos objetivos son: las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y las alianzas. Esbozamos en esta perspectiva una forma de relacionar estos objetivos con el proceso de desarrollo de tecnologías. Hay consenso de que en el desarrollo de tecnología debe considerar, con igual relevancia, la seguridad, la salud y el ambiente. Es decir, que dicho desarrollo tome en consideración las distintas

aplicaciones ingenieriles y tecnológicas las posibles consecuencias que éstas pueden tener en los tres ámbitos mencionados.

Se trata entonces de adoptar lo que algunos autores, como Roy Ramírez, denominan la responsabilidad prospectiva. Es decir, desarrollar en la ingeniera y en el tecnólogo esta especial capacidad de estar atenta a las posibles consecuencias de su acción y tomar las medidas que son necesarias para minimizarlas o eliminarlas. La responsabilidad prospectiva es fundamental en el presente contexto. Se trata entonces de determinar y valorar estas posibles consecuencias. El modelo por excelencia para hacerlo es el probabilístico. Interesa la determinación de los posibles eventos, su frecuencia y, lo que es más importante, su impacto probable. Así pues, expresamos estas posibles consecuencias en términos de la probabilidad de su ocurrencia y del impacto que tendría el que ocurra. Para realizar el análisis se tiene a disposición una serie de recursos importantes: situaciones similares que ocurrieron en el pasado, derivaciones teóricas relevantes, propuestas normativas y el análisis de las formas de inserción de la tecnología en el ámbito para el que fue construido, y en nuestro nuevo contexto, la consistencia con otros desarrollos tecnológicos. Este análisis se hace determinando lo que es relevante para la salud, la seguridad y el ambiente. Pero debe tenerse siempre presente la seguridad, tal y como la analizaremos más adelante es uno de los aspectos fundamentales del desarrollo humano. El potenciamiento de las capacidades humanas y las condiciones para el bienestar de las personas, constituye el otro elemento clave del desarrollo. Seguridad y desarrollo están fuertemente relacionados. Pero dediquémonos al tema de la seguridad.

Supongamos que se ha realizado este análisis prospectivo y se han determinado las posibles consecuencias negativas y

procedemos a abordarlas desde el punto de vista tecnológico. Podemos ilustrar el tipo de consideraciones éticas relevantes en lo referente a la seguridad. Tal y como señala Hansson (2018) (*Risk*, Stanford Encyclopedia of Philosophy) en una primera aproximación podemos segregar el concepto de *seguridad* en tres tipos diferentes de aproximación: seguridad inherente, barreras múltiples y factores de seguridad. La seguridad inherente se da en aquellos casos en los que podemos concluir que una determinada tecnología no tendrá impactos previsibles en determinados ámbitos. Por ejemplo, los vehículos eléctricos son inherentemente seguros en relación con las emisiones de CO₂, ya que este tipo de vehículos no produce ese tipo de emisiones. Desde luego que puede no ser inherentemente seguro, bajo este ámbito, si los sistemas energéticos utilizados para producir electricidad son emisores de CO₂. Pero esto no depende del vehículo en sí mismo. Pero también la seguridad inherente está presente en las aspiraciones actuales, tanto nacionales como internacionales de lograr un mundo libre de armas nucleares, así como de otras armas de destrucción masiva. Así pues, la seguridad inherente tiene un amplio rango de aplicaciones, tanto tecnológicas como aquellas relativas a la existencia misma del ser humano en el planeta, pero relacionadas con el desarrollo tecnológico.

Las barreras múltiples constituyen otra importante medida de seguridad. Para evitar un daño se puede confinar una determinada tecnología, imponiendo barreras de seguridad de manera que se eviten los eventos que pueden producir este daño. Por ejemplo, en las sub-estaciones de transformación eléctrica se establecen vallas de determinada altura para evitar que personas y otros animales puedan ingresar de manera libre. Dentro de las sub-estaciones también podrían establecerse otras barreras si hubiera riesgos asociados. El uso de barreras múltiples es ampliamente utilizado en laboratorios, en invernaderos, en plantas nucleares y en muchas instalaciones más. Pero se utilizan en los hogares para impedir que niños(as) pequeños(as) puedan ingresar a lugares

en los que podrían exponerse a algún tipo de daños o los lugares donde colocar, fuera del alcance de los y las niñas, medicamentos y otros productos que pueden causar daño.

Los factores de seguridad constituyen aquellas medidas (en la mayoría de los casos expresadas de forma cuantitativa e introducidas a nivel de diseño) que permiten asegurar que una determinada tecnología o sistema tecnológico evite los riesgos e impactos identificados en el análisis de riesgos. Por ejemplo, en construcción el número de columnas, vigas, relación cemento-agregados y cantidad de varillas, son algunos de los factores de seguridad que permiten asegurar que en zonas de alta sismicidad; las construcciones soportarán movimientos sísmicos de determinada magnitud. Es decir, los factores de seguridad dan respuesta a la probabilidad de ocurrencia de los diversos tipos de eventos y el daño que pudieran producir. Desde el punto de vista de la *normalización* en teoría de la probabilidad, este tipo de eventos forma un conjunto cerrado, es decir, la suma de la probabilidad de ocurrencia de estos eventos es igual a 1. Como dijimos, los factores de seguridad son la respuesta a los riesgos y daños identificados, por ello, también los factores de seguridad están acotados por estos riesgos y daños.

Pero, ¿en qué sentido la seguridad puede ser considerada como un elemento de la tecnología como sistema? Es decir, como un criterio general que debe aplicarse al desarrollo de los distintos tipos de tecnología. Actualmente, se piensa y elabora el concepto de seguridad tomando como referencia seminal del PNUD, publicado en el *Informe del Desarrollo Humano de 1994*. Tal y como lo refieren aquí, el nuevo concepto de seguridad amplía el anterior (centrado en los estados) por uno más adaptado a los nuevos tiempos. Lo que indica este *Informe* es que la seguridad es multidimensional, como indicaremos más adelante, pero además presenta cuatro características principales: a) es universal, es una

preocupación para todos los seres humanos independientemente del país en que vivan, aunque las preocupaciones concretas puedan diferir, b) sus componentes son interdependientes, c) “es más fácil de garantizar a través de la prevención temprana” que esperar que los eventos ocurran, y d) está centrada en el ser humano y sus necesidades más fundamentales (liberación del temor y de la necesidad). Con este enfoque, el ambiente es abordado desde el punto de vista de la seguridad; es una de las dimensiones de la seguridad como indicamos más adelante. El ambiente, en este enfoque, es reducible a los aspectos relativos al desarrollo humano sostenible.

Las dimensiones de la seguridad enumeradas en ese informe del PNUD son siete: seguridad económica, seguridad alimentaria, seguridad sanitaria, seguridad ambiental, seguridad personal, seguridad comunitaria y seguridad política. Como se indicó, estas siete dimensiones de la seguridad están íntimamente relacionadas, de manera que, como veremos en la próxima perspectiva, en muchas situaciones factores de diferentes dimensiones convergen en una tendencia tecnológica. Lo importante de este enfoque del PNUD es que estas dimensiones de la seguridad son aplicables tanto a los desarrollos tecnológicos como a otros ámbitos del quehacer humano, como el político y el económico. Y, como ya indicamos, este enfoque es correcto en relación con la cuarta revolución industrial. Se requiere que tanto los estados, como la ciencia y la ingeniería, desarrollen sus actividades considerando al ser humano como centro, y orientándolas a fin de que aquellos temas sociales y culturales que permitan construir una sociedad más inclusiva y diversa sean considerados y potenciados. La segregación de los factores de seguridad en relación con algunos de los ámbitos de la tecnología será abordada en la siguiente y última perspectiva de esta serie.

La tecnología como sistema (IV)

Alineamiento internacional para prevenir las consecuencias sociales adversas asociadas con la Cuarta Revolución Industrial

*Celso Vargas Elizondo

En la perspectiva anterior analizados, de manera breve, algunas de las consecuencias sociales que podrían derivar de la Cuarta Revolución Industrial. Las agrupamos en dos ámbitos: impactos en los sistemas de seguridad social y en el empleo. Estudios económicos preliminares sugieren que un incremento en la robotización del empleo mayor al 1,9 % de los FTP (factor total de producción) comienza a afectar de manera significativa los salarios y, por consiguiente, incrementa el desempleo.

Sin embargo, contrario a lo sucedido con las revoluciones industriales previas en las que la actuación de los gobiernos fue posterior al desarrollo tecnológico y al impulso de la industria, para enfrentar esta Cuarta Revolución Industrial se está considerando como fundamental el que esta revolución esté al servicio de las personas y de la conservación de aquellos ámbitos sociales y culturales que han tenido una contribución positiva en el desarrollo de las personas. En la celebración de los 100 años de la OIT (Organización Internacional del Trabajo) se ha llamado a la comunidad internacional, a los gobiernos, a los ciudadanos y a los y las trabajadoras a profundizar las garantías sociales y la seguridad

social. Como reporta el Semanario Universidad en las noticias del día 21 de junio, “(l)as cifras son claras, sólo el 29% de la población mundial está protegida por un sistema de seguridad social integral, el cual abarca desde prestaciones infantiles y familiares, beneficios de maternidad, desempleo, accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, así como pensiones de invalidez, vejez y sobrevivientes, hasta la protección social de la salud”. Una serie de medidas son relevantes, según esta organización, entre ellas “se requiere poner en práctica políticas de creación de empleos decentes, aunado a iniciativas de protección social para ayudar a los trabajadores, sobre todo a los más vulnerables, a gestionar las transiciones laborales que experimentan a lo largo de su vida” (reporte del Semanario Universidad).

De hecho en Septiembre del 2015 fue adoptada por Naciones Unidas la Agenda para el 2030 en la que se establecen 17 objetivos del desarrollo sostenible a alcanzar al término del tercer lustro. Se trata del primero acuerdo que se adopta de manera unánime por los 193 países que integran la Asamblea de las Naciones Unidas. Ni siquiera la Declaración de los Derechos Humanos ha tenido tal acogida. Esta agenda está centrada en cinco elementos principales: las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y las alianzas. La ciencia y la tecnología pueden jugar un papel clave en el logro de esta agenda. Consideremos la impresión 3D, un producto de la revolución a la que estamos asistiendo. Es clara la reducción de los impactos ambientales. La impresión 3D jugará un papel importante en prácticamente todos los ámbitos: la construcción, la infraestructura, menaje y piezas de recambio para automóviles, para mencionar cuatro de muchos ejemplos. Contrario a la aproximación tradicional a estos ámbitos, donde la pieza resultante demanda grandes cantidades de materiales que deben ser desechados, con la impresión 3D se puede lograr imprimir la pieza sin ningún desecho: es una impresión desde lo interno. Todo el material que se desechada, ahora se evita. Por otro lado, la obtención de nuevos materiales

utilizables en estas impresoras, reducirá la presión sobre los bosques, en particular, aquella relacionada con la industria maderera.

Y es que los objetivos del desarrollo sostenible plantean la urgencia de resolver una serie de ámbitos que resultan vitales en el contexto de la cuarta revolución industrial. El primer objetivo es lograr en el 2030 la eliminación de la pobreza en todo el mundo. Un objetivo bastante ambicioso más si tenemos en cuenta que (según el Banco Mundial), casi el 50 % de la población del globo vive en condición de pobreza (con 5 dólares diarios) y un 26 % de la población mundial vive aún en pobreza extrema (con menos de 2 dólares diarios). En los últimos 19 años se han hecho enormes esfuerzos a nivel mundial para reducir la pobreza la cual ha caído en algo más del 10 %. Sin embargo, la reducción de la pobreza está directamente relacionada con la generación de empleo y empleo decente (expresado en el objetivo 8: trabajo decente y desarrollo económico). La capacidad tecnológica instalada a nivel mundial, y aquella en proceso de instalación, hacen que cada vez el desarrollo económico a nivel global dependa menos del capital y más de la innovación. Pero corresponde a todos los países crear las condiciones requeridas para la innovación. Esta tiene que ser posible en todos los niveles, pero fundamentales a nivel local, provincial y nacional.

El acelerado proceso de penetración del internet hará pronto posible su acceso en cualquier lugar el mundo. Ligado a estos, la utilización de plataformas open source como Arduinos permitirá el uso generalizado de aplicaciones en diversos campos en los que se requieren controladores de procesos y sensores, por ejemplo, para un uso más eficiente del agua y la electricidad en la producción de verduras, hortalizas, en la producción pecuaria, en la piscicultura y en el cultivo de otras especies marinas. Pero también para optimizar el consumo eléctrico en nuestras casas y poder incorporar energía producida en nuestros hogares a la red eléctrica (lo que se

denomina micro-redes o redes distribuidas). Hay aquí una fuente de innovación para países como el nuestro en el que se pueden utilizar los espacios disponibles en nuestros hogares o en extensiones mayores para producir alimentos y mejorar los ingresos de las personas.

Los beneficios de la Cuarta Revolución Industrial son inmensos pero requiere, como señala la OIT, que los países cuenten con condiciones adecuadas que permiten formar a los y las trabajadoras, crear nuevos empleos, promover la innovación en el uso de las capacidades tecnológicas disponibles, y acompañar con normativa relevantes la adaptación de los sistemas de seguridad social y las garantías sociales de manera que estos sean enriquecidos, ampliados y beneficien a toda la población.

Además de los objetivos mencionados, tenemos los siguientes: hambre cero, salud y bienestar, educación de calidad, igualdad de género, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, industria innovación e infraestructura, reducción de las desigualdades, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsables, acción por el clima, vida submarina, vida de ecosistemas terrestres, paz justicia e instituciones sólidas y alianzas para lograr los objetivos. En todos estos objetivos, la cuarta revolución industrial puede tener un impacto positivo, pero puede serlo también negativo. De ahí lo importante de la cooperación internacional, de la transferencia tecnológica y conocimientos, de la permanente armonización de las políticas nacionales para potenciar su uso positivo y las medidas para evitar las consecuencias negativas de esta revolución.

Es la primera vez en la historia que vemos que las organizaciones internacionales están arribando a objetivos comunes en temas de desarrollo humano y ambiente. Entre éstas, las Naciones Unidas, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el Foro Económico Mundial, la UNESCO, la FAO y la OIT. Todas éstas han incorporado los

objetivos del Desarrollo Sostenible en sus programas y en sus actividades. Desde luego hay otras organizaciones cuya razón de ser está relacionada con estos temas como las que tienen que ver con el control de armas convencionales, químicas, biológicas y nucleares. Resulta llamativo el que organismos como el Foro Económico Mundial que en un tiempo estuvo fuertemente comprometido con el libre mercado y la libre competencia, haya variado tan significativamente su posición hacia una que ve la sociedad inclusiva como uno de sus principales objetivos. Finalmente, otro de los aspectos llamativos de esta nueva forma de trabajo de las organizaciones internacionales es la estrecha vinculación y colaboración con las universidades para entender mejor las implicaciones de esta revolución, asesorar a los estados miembros y proponer formas de abordaje de los posibles impactos sociales.

La tecnología como sistema (III)

Las implicaciones sociales de la Cuarta Revolución Industrial

*Celso Vargas Elizondo

Retomaremos en las perspectivas que siguen el carácter sistémico de la tecnología, enfatizando lo que se ha estado planteando a nivel de organizaciones mundiales y gobiernos, referente a la relevancia de que la ética sea incorporada como una parte estructural del desarrollo tecnológico de esta cuarta revolución industrial. De esta manera el desarrollo tecnológico debe responder a estándares éticos. Pero antes de indicar la manera cómo se está elaborando este componente

estructural, es necesario poner de manifiesto algunas de las implicaciones sociales de esta nueva revolución industrial.

Realmente, no hay ningún ámbito de la vida social e individual que no resulte afectada de manera directa o indirecta por estos nuevos desarrollos tecnológicos. Sin embargo, hay situaciones bien configuradas que nos permiten tener una idea algo clara de las implicaciones sociales de estas tecnologías disruptivas. Nos centraremos, de manera muy breve, en dos ámbitos en los que se visualiza un impacto realmente significativo: los sistemas de seguridad social y el empleo. Desde luego ambos están fuertemente relacionados y la separación es más bien metodológica.

Los sistemas de seguridad social (atención médica, jubilaciones, seguros, impuestos, seguridad en los ingresos, para mencionar algunos de sus elementos), han sido el resultado de luchas realizadas por los y las trabajadoras durante más de un siglo y medio. Consideramos estos sistemas como un logro social importante y como una contribución para alcanzar un mundo mejor para todos y todas. Sin embargo, hemos visto emerger una serie de nuevas tecnologías que crean “enormes huecos” en estos sistemas. Pensemos en las plataformas Uber y Lyft. Como ha indicado Klaus Schwab, nunca antes en la historia una empresa ha tenido adscritos tantos vehículos a nivel mundial sin tener uno solo propio. Como se sabe estas plataformas surgieron inicialmente con la finalidad de optimizar el uso de vehículos haciendo que sus propietarios(as) obtuvieran algunos ingresos adicionales complementarios al de su trabajo habitual. Pero en numerosos países se han convertido en la única fuente de trabajo para un gran número de personas. Son millones de personas alrededor del mundo que se dedican a brindar estos servicios. Estas plataformas permiten un trato más cercano entre el proveedor del servicio y el usuario, brindando la oportunidad de que el

usuario seleccione el tipo de vehículo que desea contratar. Igualmente, le permite identificar al conductor y otras formas de interacción entre la plataforma y el usuario, así como aplicar descuentos y otros beneficios en función de la frecuencia en el uso del servicio. Finalmente, el pago con tarjetas y desde el móvil suponen una gran facilidad para el usuario. Las ventajas, como se ve, son muchas.

Se trata de una nueva forma de empleo pero que no cumple con las condiciones del sistema de seguridad social: en muchos lugares la plataforma no paga los impuestos, no paga el seguro social y tampoco hay contribución para las pensiones. Las ganancias para estas plataformas son enormes, rondan el 30 % del valor del servicio. Se promueve la informalidad del empleo con serias consecuencias para el sistema de seguridad social. No solamente el sistema deja de percibir contribuciones, sino que al concluir la vida laboral, estos y estas trabajadoras no tendrían jubilación como los demás. Desde el punto de vista de la seguridad social los costos de la jubilación deben ser asumidos por el estado y por los contribuyentes del régimen.

Sin embargo, esta situación que estamos enfrentando se profundizará de manera drástica con el advenimiento de los vehículos autónomos o sin conductor. Estos vehículos y la infraestructura que se instalará, hará posible que los servicios de transporte se ofrezcan sin que medie ninguna persona. Las ventajas de los vehículos autónomos para el transporte como taxi son enormes ya que estarían disponibles las 24 horas y los 365 días al año. Se reducirán los costos del servicio, los incidentes como asaltos y otras situaciones que comprometen la seguridad de las personas en el sistema tradicional (que el conductor se quede dormido y otros errores en la conducción). Pero aquí se agrega una nueva consecuencia: el desempleo al cual haremos una breve referencia más adelante.

Pero Uber y Lyft son solo un ejemplo de este vertiginoso

proceso de transformación al que estamos asistiendo. AirBnb está impactando la forma tradicional de los alojamientos, ofreciendo nuevas opciones a los usuarios, adaptadas a los distintos presupuestos y gustos. Lo mismo observamos en las nuevas plataformas de comercio electrónico como Alibaba la cual no cuenta con un solo inventario propio sino que conecta a miles y miles de otros establecimientos reduciendo los costos, el número transportes tradicionalmente requeridos para las mercancías, así como los tradicionales puestos de venta en las ciudades y en los pueblos. Estos procesos se acelerarán en los próximos años.

La introducción de la robótica y de otros desarrollos en inteligencia artificial en los procesos productivos, de servicios y la introducción de nuevas formas de realizar transacciones, para mencionar tres ejemplos, producirá un desplazamiento realmente significativo en los puestos de trabajo. Sólo Japón estima que el 50 % de los trabajos actuales habrán desaparecido en el año 2050. Una situación similar se espera en Europa con un desplazamiento del 45 % de los empleos actuales ya en el 2025, según estimaciones. Este será un fenómeno que se repetirá, con consecuencias mayores o menores, a nivel de todo el globo. Esta situación comprometería fuertemente importantes metas sociales establecidas por todos los países. La situación es más dramática en Centro América, según un informe del Banco Mundial de mayo del 2018. Según reporte publicado por Elsalvador.com, en Guatemala y El Salvador el 75 % de empleos actuales son susceptibles de ser automatizados, en Costa Rica un 68 %, en Panamá y Nicaragua un 65 %. Esta situación no es diferente del resto de América Latina.

Este proceso de sustitución iniciará con aquellos empleos en los que se aplican procesos rutinarios como los presentados de noticias, una parte importante del trabajo de los abogados, los contadores, los operadores de bolsas de valores, el trabajo de médicos, el personal de restaurantes y los choferes

a los que ya hicimos referencia. Pero también veremos la irrupción de poetas y diseñadores artificiales, realizadores artificiales de determinados trabajos científicos, los preparadores y despachadores automáticos de comida rápida, así como robots para diagnóstico y mantenimiento de distintos procesos industriales y de servicios. Pero serán muy valorados los puestos relacionados con temas robóticos, de programación, fabricación y mantenimiento de sensores y móviles. En este escenario, hay consensos de que se crearán nuevos empleos y que muchos de los estudiantes que están iniciando la universidad posiblemente trabajen en empleos diferentes a aquellos para los que fueron formados. Se crearán nuevos empleos, pero no en las cantidades que se requiere para lograr las metas de erradicación de la pobreza y la generación de empleo para todos y todas. Las tecnologías son tan disruptivas y, al mismo tiempo, fascinantes, que merecen ser estudiadas con más detalle desde distintos ángulos. Nos hemos limitado a pocos ejemplos para ilustrar lo que ya está sucediendo ya y que se intensificará en los próximos años.

La tecnología como sistema (II)

(La cuarta revolución Industrial)

Celso Vargas Elizondo

La cuarta revolución industrial es la evolución natural del concepto de “industrie 4.0” introducido en la feria de industrial de Hannover del 2011 por Henning Kagermann, físico de formación, Wolfgang Wahlster, profesor de inteligencia

artificial y Wolf-Dieter Lukas, también físico. Se introdujo como una propuesta para dinamizar la industria manufacturera alemana. Este concepto fue transformado por Klaus Schwab en Cuarta Revolución Industrial en el 2016, en un libro bajo el mismo título, y actualmente, tiende a hablarse de “Globalización 4.0”, el cual tiene como motor la cuarta revolución industrial. Pero también se han introducido otros sinónimos como “industria internet” o el programa japonés de “Sociedad 5.0” del 2015. También podría equipararse con el programa “*Made in China 2025*”. Sin embargo, el alcance de los tres últimos, al ser propuestas más “locales”, hace que sea preferible seguir hablando de Cuarta Revolución Industrial de más amplio uso en los países occidentales.

Bajo este concepto se busca agrupar y entender las extraordinarias transformaciones científicas, tecnológicas, ambientales, sociales y culturales a las que estamos asistiendo y que se profundizarán en el futuro cercano. Como señala Klaus Schwab: “Estamos siendo testigos de los cambios profundos en todas las industrias, marcadas por el surgimiento de nuevos modelos de negocios, la disrupción de nuevas empresas y la reconfiguración de la producción, el consumo, el transporte y los sistemas de entrega. En el frente social, un paradigma está emergiendo sobre la manera cómo trabajamos y nos comunicamos, así como la manera en la que nos expresamos, informamos y nos entretenemos. Igualmente, los gobiernos y las instituciones se están reconfigurando, lo mismo que los sistemas de educación, salud y transporte entre muchos otros. Las nuevas formas de utilizar la tecnología para cambiar el comportamiento y nuestras formas de producción y consumo, también tienen un gran potencial para apoyar la regeneración y protección del ambiente natural sin crear costos ocultos en la forma de externalidades” (The Fourth Industrial Revolution, pág. 7).

También las anteriores revoluciones industriales han tenido un impacto transformador de la organización social y cultural. Recordemos algunos de los impactos más conocidos de la primera revolución industrial, aquella que tiene lugar en Inglaterra en la segunda mitad del siglo XVIII con la introducción de la máquina de vapor: un cambio drástico en los sistemas de manufactura, nuevas materias primas, la construcción de armamento tanto artillería y vehículos como otros objetos de uso militar; el transporte de bienes y mercancías sufre una increíble transformación y renovación, lo mismo que la navegación. Pero también, la utilización del vapor en la fabricación de menajes transformó de manera radical la forma de hacer comercio. Las ciudades pasan a ser centros de exhibición y venta de las novedades, de manera que diseños y utensilios estandarizados pueden ser comprados por personas que no tenían que tener el mismo nivel de ingresos que antes de esta revolución. La adquisición y uso de porcelanas finas y decoradas estuvo restringido a un selecto grupo de nobles e industriales. Con esta revolución se logran niveles de perfección de las losas y de las porcelanas. Pero también y finalmente, la explotación laboral de grandes masas de personas no tenía parangón en la historia.

Se considera la segunda revolución industrial a aquella que inicia con los desarrollos tecnológicos e industriales asociados con la electricidad y magnetismo, a finales del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX, que permite la producción en serie de tecnologías más complejas como los automotores, la utilización de la frecuencia y amplitud de onda en las comunicaciones, una serie de innovaciones en el ámbito doméstico y militar, así como muchos otros desarrollos tecnológicos. También la aparición de la industria del consumo promovida por las industrias y fabricantes, bajo el lema "comprar y descartar".

La tercera revolución industrial es aquella que aparece a partir de 1960 con el desarrollo de los computadores

digitales, los lenguajes de programación de alto nivel, los chips integrados, los computadores personales y el internet. La digitalización poco a poco penetra en todos los ámbitos de la producción tecnológica e industrial mediante la innovación, y muy importante, permite potenciar el sector de los servicios relegando en relevancia al sector primario y secundario.

La cuarta revolución industrial tal y como la caracteriza Schwab es aquella que “no está solamente referida a máquinas y sistemas inteligentes interconectados. Su ámbito es mucho más amplio. Ocurriendo de manera simultánea están las ondas de nuevos avances en áreas que van de la secuenciación génica hasta la nanotecnología, desde los renovables hasta la computación cuántica. Es la fusión de estas tecnologías y sus interacciones entre los dominios físico, digital y biológico la que hace a la cuarta revolución industrial fundamentalmente diferentes de las revoluciones previas” (The fourth Industrial Revolution, pág. 12).

Schwab agrupa en los tres dominios mencionados las tecnologías que estarán impactando y transformando de manera radical nuestras vidas, la sociedad y el entorno. La primera es el dominio digital caracterizado por los extraordinarios avances en la comunicación satelital, las telecomunicaciones, los dispositivos móviles y la parte algorítmica que soporta estos desarrollos como la inteligencia artificial (redes neuronales, nuevas “learning machines”, minería de datos, entre otros). El segundo dominio es el físico en el que encontramos enormes avances en nuevos materiales que facilitan la impresión 3D, como los thermosets, y materiales que permiten la impresión de órganos que se adapten inmunológicamente y realicen la función propia de un órgano vivo, para mencionar algunos. Finalmente, está el dominio biológico en el que estamos asistiendo a un uso sin precedentes de las técnicas de ADN-recombinante, clonación génica, expresión genética y regulación, entre otras, con el objetivo de obtener diversos

productos para mejorar la salud, para procesos de biorremediación, para mejorar la producción de alimentos y obtener nuevos productos industriales.

Sin embargo, lo novedoso de esta cuarta revolución industrial es la integración de estos dominios para obtener nuevos productos tecnológicos. Ejemplos claros de esta convergencia son los vehículos autónomos o sin conductor, que integran un alto y complejo número de diferentes tecnologías controladas por sistemas de inteligencia artificial, capaces de sensor el entorno, recibir y enviar señales mediante satélites para hacer más eficiente la navegación, al tiempo que internamente sensores y otros programas evalúan la condición del vehículo y envían información al programa central para la toma de decisiones. Pero también dentro del vehículo se creará un ambiente agradable para los pasajeros mediante la integración de otro grupo de tecnologías. Como se observa, aquí las tecnologías tradicionales se integran con las nuevas para desarrollar productos tecnológicos cada vez más seguros, confortables y adaptables a las necesidades del usuario.

Este es solo un ejemplo de un gran número de tecnologías que ya están transformando la forma de producción industrial (robotización), las formas de hacer comercio (e-commerce), la forma de interactuar entre los seres humanos (internet de las cosas), la forma de hacer finanzas y gestionar los valores y activos (blockchain), las nuevas formas de gestionar el transporte personal y colectivo (aplicativos como uber, lyft y otras plataformas) para mencionar algunos. Estos desarrollos están imponiendo fuertes presiones sobre las formas de organización de la sociedad, como la seguridad social, el papel de los gobiernos y sus instituciones. Algunas de las previsibles consecuencias sociales de esta cuarta revolución industrial serán analizadas en una próxima perspectiva.

La tecnología como sistema (I)

*Celso Vargas Elizondo

En *el Reto de la Racionalidad*, Jean Ladrière (1977) introduce su concepción de la ciencia y la tecnología como un sistema, o más propiamente, como un sub-sistema del sistema cultural o simbólico. Se caracteriza por tener su propia racionalidad y finalidad: comprender para transformar y el lema de este subsistema es “el conocimiento es poder”. Posee su propia estructura y dinámica interna cada vez más socialmente institucionalizada y que adquiere una importancia social cada vez más relevante deviniendo en socialmente imprescindible. Es un sistema de acción que permea todos los ámbitos de la vida social, institucional y personal. La tecnología es la expresión concreta de este sistema, sin que lleguen a identificarse o a considerarse “ciencia aplicada”, como comúnmente se hace ver la tecnología.

Sin embargo, a pesar de lo dicho anteriormente, se puede caracterizar el proceso tecnológico sin necesidad de hacer referencia al concepto de sistema, en particular, cuando se presta atención a la dinámica interna del proceso tecnológico. En este sentido, la tecnología puede ser definida como un proceso de transformación de situaciones que denominamos “no-deseadas” para hacerlas “deseables”. No se está utilizando aquí “deseadas” o “deseables” en sentido ético, sino que nos referimos a la inserción concreta de la tecnología en la solución de un problema; “no-deseado”-

“deseable” describe situaciones como las siguientes: dificultad (conveniencia) para trasladarse de un lugar a otro de manera rápida o la dificultad (conveniencia) de trasladar grandes volúmenes largas distancias. Precisamente, la tecnología hace posible, mediante los vehículos automotores o los grandes barcos o plataformas resolver estas situaciones “no deseadas” y transformarlas en “situaciones deseables”. Hay pues en la tecnología, como señalará Ladrière, una intencionalidad que transforma la naturaleza y la sociedad, y al mismo tiempo puede poner en peligro la existencia misma de la especie humana y otras.

Así el proceso de transformación puede entenderse bien como uno que inicia con una situación no deseada o problema, transforma esta situación en especificaciones técnicas y no técnicas, conocido como diseño, implementa el diseño, se somete a prueba y se libera el producto (se comercializa, se distribuye bajo copyleft, por ejemplo). La tecnología es un proceso que inicia con un problema y concluye con un objeto que se propone como solución al problema planteado. Típicamente, un objeto tecnológico puede ser una máquina, un dispositivo, un componente, un programa computacional o un organismo genéticamente modificado.

Tres observaciones generales deben hacerse en relación con esta propuesta de proceso tecnológico. El primero de ellos es que la linealidad del proceso raramente se cumple. Más bien, el diseño propuesto puede ser modificado durante la implementación; también las pruebas no se aplican únicamente en la etapa final del proceso, sino que hay grupos de pruebas que deben ser aplicados para validar el diseño, y validar la implementación. De manera que si representáramos el proceso en forma gráfica, habría ciclos y sub-ciclos en cada uno de estos componentes. La segunda observación general se relaciona con la gran relevancia del diseño en el proceso tecnológico. Este componente es realmente complejo y es el corazón del proceso tecnológico y contiene las principales decisiones,

especificaciones, definiciones y criterios para resolver las diferencias que surgen durante el desarrollo, decisiones que son requeridos para el éxito en la producción del objeto tecnológico. Y la tercera observación tiene que ver con una de las características más llamativas de la tecnología: su mejoramiento constante. En este sentido, la producción de un objeto tecnológico se convierte en la fuente de mejoramiento. Varios procesos típicos están asociados con el mejoramiento tecnológico actualmente, aunque no son aplicables a todas las tecnologías: la miniaturización de los componentes, el fácil reemplazo de los componentes, la integración de diferentes facilidades en un mismo objeto, la utilización de materiales biodegradables, la eficiencia energética y diversas medidas para la protección del ambiente, para mencionar algunas. Este componente de prospectiva tecnológica es uno de los ámbitos más fascinantes del desarrollo tecnológico actual.

Sin embargo, cada día se pone de manifiesto con mayor fuerza la insuficiencia del enfoque anterior para comprender el proceso tecnológico. El carácter sistémico de la tecnología se muestra no solamente en su estructura, racionalidad y finalidad, sino que el nivel de interdependencia de las tecnologías, su continua re-adaptabilidad; el equilibrio y soporte entre las partes resulta fundamental en la nueva dinámica tecnológica. El carácter sistémico de la tecnología se pone de manifiesto en todos los niveles y lugares en los que ésta se desarrolla y se adapta.

En este sentido la tecnología para las comunicaciones se constituye en un elemento estructurador de todos demás desarrollos tecnológicos. Consideremos el caso de los sistemas satelitales, es decir, la organización, estructura, distribución y funcionamiento de los grupos o constelaciones satelitales, las estaciones terrestres, las torres y las celdas, se están convirtiendo en las tecnologías base en torno a las cuales los demás desarrollos tecnológicos deben

integrarse o deben hacerse consistentes con ellos. Por ejemplo, en internet de las cosas, es decir, en el uso intensivo de la comunicación vía internet para que los dispositivos móviles y no-móviles estén en capacidad de sensor el entorno, procesar y organizar la información que se recibe de los sensores, y transformar esta información permitiendo la toma de decisiones, con independencia de un agente humano, constituye uno de los fuertes cambios que estaremos observando de manera generalizada dentro muy poco tiempo. Aquí la tecnología de sensores, los algoritmos inteligentes, los estándares de comunicación, la integración de dispositivos y los mecanismos de seguridad, para mencionar algunos, deben adaptarse para que sean compatibles con aquellos de la comunicación satelital. En este sentido, estos requerimientos pasan a formar parte estructural del diseño tecnológico. Pero el asunto es más complejo de lo indicado aquí, hay niveles de intermediación e innovación ambas direcciones, pero también de otras fuentes. Por ejemplo, lo que podríamos denominar programa de investigación "web of things" pretende proporcionar protocolos y estándares para aplicar en internet de las cosas.

Como tendremos ocasión de mostrar la importancia de establecer requerimientos éticos y sociales en el marco de la llamada "cuarta revolución industrial". Sin embargo, para concluir con esta breve contribución, podemos afirmar se mantiene el análisis realizado por Ladrière del carácter sistémico de la tecnología, pero la profundización y características de este sistema van mucho más allá de lo previsto por Ladrière en el trabajo mencionado al inicio de este trabajo.