

SISTEMAS CONCEPTUALES DE LA TECNOLOGÍA

Ing. Rodolfo Herrera J.*

Resumen

Se elabora la idea de sistema conceptual de la Tecnología determinándose como una totalidad en desarrollo, la cual es el fundamento y el producto de la cadena dialéctico-productiva de las prácticas tecnológicas. Se estudian algunas de las características principales de los sistemas tecnológicos que componen a tales sistemas, señalándose los procesos de circulación productiva entre las prácticas y sus productos como el motor generador de su desarrollo y de su carácter abierto y dinámico. También se define a la unión de los sistemas conceptuales de la Tecnología, como el "patrimonio científico-tecnológico" de una sociedad en un momento histórico dado.

Summary

The idea of conceptual system of Technology is stated and it is determined as a totality in development, which constitutes the basis and the product of the dialectic-productive chain of the technological practices. The processes of productive circulation among the practices and their products are pointed out, as the motor that generates their development and their open and dynamic character. The union of the conceptual systems of technology as the "scientific-technological patrimony" of a society in a given historical moment is also defined.

1. INTRODUCCION^[1]

Las prácticas científicas y tecnológicas se dan en cuatro niveles integrados en la cadena dialéctico-productiva siguiente^[2]: la *práctica científica fundamental* (PCF), la *práctica científico-tecnológica* (PCT), la *práctica tecnológico-científica* (PTC) y la *práctica tecnológica empírico-concreta* (PTE). Lo que esquematizamos con el siguiente diagrama:



La PTE es una práctica de la transformación y del control directo, que sustenta sus acciones en los sistemas conceptuales que la PTC crea en los procesos del diseño^[3] y ambas en el conocimiento que dan la PCF y la PCT.

La *Tecnología* (T)^[4], se puede definir extensionalmente por medio de la terna siguiente:

$$T = (P, Ac, Am \cup Q)$$

donde

- P = práctica tecnológica,
- Ac = artefacto o sistema conceptual,
- Am = artefacto o sistema concreto,
- Q = proceso de un sistema concreto y
- Ac = $\hat{A}m \cup Q$,
- P = PTC \cup PTE.

La terna contiene a una práctica tecnológica (PTC, PTE), a los sistemas conceptuales (Ac) y a los posibles sistemas concretos (Am) o sus cambios (Q) que ésta práctica produce, cuando Ac representa a los segundos. Además toda práctica contiene objetos de la clase de Am y Ac, como medios de producción. La T es un componente principal de las fuerzas productivas de una sociedad y su historia es constitutiva con el desarrollo de ésta^[5].

Existe una estructura de niveles de la T, que es determinada por el carácter de P. Si P = PTE, esta última puede ser una práctica de ejecución de un sistema tecnológico concreto (un Am, por ej. una fábrica) o es una práctica controladora o administrativa de un Am existente, el cual a su vez tiene componentes que también son Tecnologías. Si P = PTC, entonces produce Ac de posibles Am

* Profesor
Facultad de Ingeniería
Universidad de Costa Rica.

y se podría considerar como T cultural, es decir, produce sólo artefactos culturales, el tercer elemento de su terna representativa sería un Ac.

El conjunto de las PCT (una práctica científica) y la PTC (una práctica tecnológica) constituye lo que se puede denominar una "práctica tecnológico-cultural"^[6]. En este estudio nos interesa el producto de estas prácticas, el cual para ambas es un producto conceptual pero con propósitos diferentes.

Para fijar las ideas sintetizamos en la manera siguiente:

Postulado. Existen dos clases de sistemas conceptuales que conciben las prácticas tecnológico-culturales: los sistemas científico-tecnológicos (SCT) y los sistemas tecnológico-científicos (STC = Ac); los primeros son el producto de la PCT y los segundos de la PTC, según las siguientes definiciones:

i) Def. Un *sistema científico-tecnológico* es aquél cuya composición es la siguiente:

$$C = (TT, R, D)$$

donde:

- TT = TTS U TTO, son Teorías Tecnológicas,
 TTS = Teorías Tecnológicas Sustantivas,
 TTO = Teorías Tecnológicas Operativas,
 R = Reglas,
 D = Datos.

ii) Def. Un *sistema tecnológico-científico* (STC) es aquél cuya composición es la siguiente:

$$C = (STS, STO)$$

donde:

- STS = sistema tecnológico sustantivo,
 STO = sistema tecnológico operativo.

Existe otro componente de apoyo para las prácticas tecnológicas (PTC y PTE), que denominaremos *Conjuntos Técnicos* (CT), el cual contiene elementos no científicos producidos por la experiencia práctica de los hombres y que representa al "conocimiento técnico" coetáneo. El conjunto de los elementos anteriormente descritos, es lo que caracteriza al objeto que llamaremos un

sistema conceptual de la Tecnología, idea que se sintetiza en la definición siguiente.

Def. Se denomina *sistema conceptual de la Tecnología* a aquel que tiene la siguiente composición:

$$C = (STC, SCT, CT)$$

Es decir, incluimos en este concepto tanto a los sistemas tecnológico-científicos existentes y en proceso de desarrollo, como al conocimiento que los fundamenta en un momento histórico dado. Revisaremos a continuación las propiedades de cada uno de los componentes indicados en párrafos anteriores.

2. SISTEMAS TECNOLOGICOS-CIENTIFICOS (STC)

Def. Un sistema tecnológico-científico (STC) consiste de un sistema conceptual, fijado materialmente en sistemas de información (planos, instrucciones de ejecución y operación, etc.), cuyo referente es un posible o existente sistema concreto (natural o social)^[7].

Este sistema conceptual representa idealmente a todas las características de la composición, la estructura y el ambiente directo del sistema, sus leyes, funciones, su designación de servicio, productividad, etc. En la jerga tecnológica ingenieril se denomina "conocimiento documentado"^[8]. La función de las PTC consiste en la producción de este tipo de sistemas como satisfacción de la demanda social.

Postulado. Todo sistema tecnológico-científico contiene un STS y un STO, o sea:

$$STC = STS \cup STO,$$

donde STS representa o modela al referente sustantivo, el cual incluye a las relaciones entre los componentes no humanos (estructura sustantiva del sistema) y STO modela a las relaciones humanas (hombre-hombre o hombre-cosa) es decir, a la estructura social del sistema. El referente puede ser real o posible.

Así por ej., la Ingeniería diseña al sistema concreto y al sistema operativo que norma y con-

trola a las operaciones humanas necesarias para el funcionamiento del primero, en especial cuando el sistema concreto es un subsistema económico-productivo. Por lo tanto estos STO se refieren a las prácticas sociales de transformación y control (por ej. trabajo y su división técnica) de la sociedad. En el caso de otras PT, como por ej. la Política o en la Sociología aplicada, los STO se refieren a otros tipos de prácticas y de elementos de la estructura social. Los objetos tecnológicos o sistemas artificiales (naturales o sociales) pertenecen a un nivel sistémico social emergente, que se podría denominar el nivel *tecnosistémico*^[9] (el mundo de la artificis), el cual es producido especialmente por las prácticas tecnológicas (PTC U PTE).

Este nivel es en general multisistémico, pues contiene la intersección y composición de varios niveles sistémicos u ontológicos. Por ej. todo subsistema social artificial, como por ej. un hospital o una fábrica, es de tal clase; análogamente un artefacto como una máquina eléctrica rotante, consiste de la composición de fenómenos puramente mecánicos y magnéticos, que obligan a considerar estos diferentes niveles de la materia en movimiento y por tanto a concebir sistemas conceptuales multisistémicos (ensamblaje de varios niveles) y también objetos modelo y teorías compuestas o sistémicas.

Postulado. Los STC tienen frecuentemente una composición con varios niveles sistémicos, en correspondencia con el carácter del referente concreto que representan.

Todos los objetos tecnológicos siguen un proceso de desarrollo, denominado usualmente "desarrollo tecnológico", en el que cambian constantemente los objetos tecnológicos concretos y los conceptuales que explican su comportamiento y funcionamiento. Es decir, la historia de la PT = PTC U PTE, consiste del proceso de desarrollo de las prácticas de diseño o concepción y ejecución o producción de los sistemas artificiales singulares, como son por ej. un ordenador o un hospital.

Conjuntamente con este proceso se da una historia de las teorías particulares, la cual culmina a veces con el desarrollo de una teoría general de un objeto tecnológico. Estos procesos representan al desarrollo interrelacionado de las PCT y la PTC, siendo función de ésta última la de

encontrar, afinando la investigación, a los componentes teóricos de los sistemas científico-tecnológicos y entre ellos, a los más generales que aquí denominamos TTSS, las que definiremos más explícitamente luego.

3. TEORIAS TECNOLOGICAS (TT)

Estudiaremos ahora a las TT, un componente básico de los sistemas científico-tecnológicos.

Def. Las TT son teorías científicas, adecuadas para su aplicación en la resolución de los problemas que enfrentan las prácticas tecnológicas.

Las TT se componen de dos clases de teorías^[10] denominadas TTS y TTO, teniendo las primeras como referente a las cosas o sistemas concretos, naturales o artificiales y las últimas a los procesos que se dan en la composición y el ambiente de los subsistemas sociales, es decir, se refieren a las acciones humanas en relación con hombres y cosas (en especial artefactos). Las TTS son los medios necesarios para la práctica del diseño (PTC) y la TTO sirven de guía para las acciones de las PTC y la PTE. Por ej. las primeras se utilizan en el diseño de automóviles y carreteras y las segundas en el diseño y control del tránsito (un subsistema vehículo-vía-hombre). Además, las TTS contienen a su vez a tres tipos de teorías, con características propias por analizar; para fijar las ideas, resumimos lo anterior con el siguiente postulado.

Postulado. Las TT contienen como componentes principales a TTS y TTO y las TTS se pueden clasificar en tres clases: TTS *básicas* (TTSB), TTS *empíricas* (TTSE) y TTS *compuestas o sistémicas* (TTSS). Es decir:

$$TT = TTS \cup TTO,$$

$$TTS = TTSB \cup TTSE \cup TTSS$$

4. TEORIAS TECNOLOGICAS SUSTANTIVAS BASICAS (TTSB)

Def. Denominamos TTSB a cierto tipo de teorías particulares de teorías científicas generales.

Su diferencia con las teorías fundamentales es únicamente de generalidad, conteniendo objetos modelo específicos que enriquecen al de la teoría general. Las prácticas culturales (teóricas) que las producen se diferencian de las prácticas científicas fundamentales en los objetivos y representan momentos distintos de los procesos de investigación. Las PCT se interesa por teorías y leyes de aplicación inmediata para la práctica del diseño, buscando su simplicidad y posibilidad de contrastación empírica, lo que conduce al desarrollo de teorías particulares y cuyos objeto modelo cumplan con tales condiciones. Más explícitamente:

Postulado. Sea r un objeto concreto supuesto, sea m un objeto modelo^[11] de r : $m \in \hat{r}$, sea $TTSB = Te$ una teoría específica sobre r que contiene m . Entonces si Tg es una teoría general cuyo referente supuesto R es tal que $r \in R$, (un nivel sistémico específico) y su objeto modelo m es tal que $m \in m_e$, se puede decir que:

$$Te = (Tg, m_e)$$

o sea, que $TTSB$ es una teoría general equipada con un objeto modelo particular, que restringe su dominio de aplicación.

El enriquecimiento de m al agregársele detalles específicos, es lo que hace posible la verificación de Tg . El conocimiento de los objetos concretos en condiciones específicas, no se puede deducir de la teoría general, pues para obtenerlo siempre es necesario un estudio empírico-concreto que produzca datos que se refieran a esa realidad particular.

Tomemos como ejemplo a la Mecánica del Continuo^[12], la cual posee una teoría general sobre el movimiento de los "cuerpos" (R), siendo éste un objeto modelo, un constructo mental que representa un nivel del fisiosistema diferente al del "campo" o "micropartícula". La Mecánica del Sólido es una de sus teorías particulares, cuyo objeto modelo (r) es el de un cuerpo con particularidades específicas (por ej. sus propiedades son distintas a las de un fluido). Del hecho de que los cuerpos sólidos presentan propiedades materiales y geométricas particulares, es que surgen varias teorías y objetos modelos particulares (conceptos de cuerpo especiales, como por ej. el de "barra"), que se obtienen mediante hipótesis sub-

sidarias y datos empíricos que enriquecen el concepto de "cuerpo" de la Tg ^[13].

También en la Ciencia de la Sociedad^[14] se tiene un conjunto de conceptos generales, los cuales se emplean en el estudio diferencial de cada modo de producción, dándose teorías particulares o regionales de cada uno de éstos (esclavista; servil, capitalista, etc.) y la transición del uno al otro. Sin embargo en este caso y a diferencia de las ciencias no sociales, las teorías parciales, como por ej. las de un nivel de un modo de producción, se convierten a veces en instrumento de determinada clase social, al presentarlas ésta como universales. En todos los casos los conceptos generales sirven de instrumentos para el análisis de diferentes condiciones particulares, situaciones de las cuales surgen nuevos conceptos específicos, que son útiles únicamente en los contextos particulares que estudian las TT correspondientes.

Sin embargo es necesario señalar que la explicación científica no consiste de la simple deducción del fenómeno particular, extraída de la ley general mediante condiciones únicas. No es posible deducir, aún en los procesos más simples toda la diversidad de un fenómeno único, extra-yéndolo de una ley general. Por ej. de la ley del valor no se puede deducir el precio de una mercancía en un mercado dado, ya que ninguna ley general puede abarcar todas las condiciones empíricas, pero ella explica la ley de formación de los precios, porque en ése sentido se requiere para explicar el proceso de cambio. La ley de la desigualdad del desarrollo económico y político en la época imperialista, no nos da por sí sola una explicación completa del surgimiento de la primera guerra mundial, pues es necesario considerar además las diversas situaciones concretas de los sucesos. Sin embargo ella explica las causas generales del surgimiento de las guerras.

En el estudio de los procesos existentes se puede seleccionar como referente un sólo nivel sistémico (como por ej. el físico) o varios (como por ej. el bioquímico, o el psicosocial), con sus correspondientes objetos modelo, que pueden ser cajas negras, semitraslúcidas o traslúcidas, según el caso.

Por tanto las $TTSB$ no se diferencian de las TCF por su profundidad sistémica, sino por la clase particular de su referente y su objeto modelo^[15]. La complejidad de las situaciones y de los procesos involucrados en las prácticas tecno-

lógicas-científicas del diseño son a veces de tal magnitud, que las teorías no pueden dar cuenta de ellas sin recurrir a simplificaciones, muchas de carácter matemático y otras con fundamento en datos y leyes empíricas. De aquí que la práctica tecnológica requiere de la combinación de sistemas conceptuales teóricos y acabados, aunque particulares, y de otros de alto contenido empírico. Tales sistemas los estudiaremos a continuación.

5. TEORIAS TECNOLOGICAS

SUSTANTIVAS EMPIRICAS (TTSE)

La PTC (diseño), dada la complejidad de los problemas que enfrenta y la urgencia para alcanzar soluciones, requiere de teorías con objetos modelo simples y que aunque no recojan todos los detalles del fenómeno, permitan soluciones aproximadas cuyos resultados conduzcan a una toma de decisiones en rangos de seguridad y costo adecuados.

De la práctica de la Ingeniería se pueden tomar dos problemas ilustrativos de lo anterior. Uno de ellos es el diseño de sistemas hidráulicos, que trata por ej. de la conducción del agua en canales o en tuberías de presión, el cual se basa en la teoría de la Hidráulica (Mecánica de Fluidos aplicada) y el otro es el diseño de sistemas estructurales (por ej. puentes) el cual requiere de la Mecánica del Sólido y de la Resistencia de Materiales, aplicadas por ejemplo a elementos constructivos como pueden ser vigas o columnas (barras) de concreto reforzado (combinación de concreto y acero).

En ambos casos se constituyen sistemas conceptuales que utilizan teorías sustantivas básicas, leyes y fórmulas empíricas elaboradas a partir de los resultados de la experimentación. El uso de modelos materiales es corriente en ambas disciplinas, ya que en muchos casos es el único medio de tratar los problemas, ya sea porque no existe una teoría que de cuenta de todo el fenómeno o debido a la complejidad de la solución matemática.

Todos estos componentes de alto contenido empírico, son sintetizados por el concepto de TTSE, explícitamente:

Def. Llamaremos TTSE a aquel sistema conceptual que contiene leyes empíricas, cuyos referentes son observables y sus objetos modelo son cajas negras.

Efectivamente en la investigación aplicada (práctica científico-tecnológica) casi siempre se busca esquematizar los sistemas como cajas negras y por lo tanto utilizando sólo variables externas (input y output) en un nivel dado. Ejemplos de leyes empíricas^[16] son la ley de Boyle que relaciona presión, volumen y temperatura de los gases, la ley de Ohm que relaciona intensidad de corriente eléctrica, resistencia de un conductor y voltaje (diferencia de potencial) de un circuito eléctrico o la ley de Hooke que relaciona fuerza con desplazamiento caracterizando el comportamiento de un material en el rango elástico.

Estas generalizaciones empíricas son conocimiento especializado, que se obtiene siguiendo la metodología científica y por tanto no son conocimiento aislado^[17]. No consisten del material inicial de una investigación, sino que son el resultado de la elaboración de esa materia prima en conceptos empíricos, por la intervención de conceptos teóricos que están presentes, por sí mismos o en lo montajes experimentales. Los conceptos empíricos no se reducen a los teóricos, ni éstos se reducen a los empíricos; tampoco son la particularidad complementaria de la generalidad de los conceptos teóricos, a la manera de casos particulares de ellos.

En resumen la teoría empírica usa el lenguaje de las observaciones, tiene proposiciones factológicas (no nomológicas), el tipo de objeto con el que opera es percibido sensitivamente (por medio de instrumentos) y construido mentalmente, el tipo de saber se refiere a hechos, las leyes son científicas y su método de obtención es experimental (no por ej. axiomático) y son producidas por la práctica científica.

Entre lo empírico y lo teórico no hay un límite absoluto^[18], pues como se dijo antes, la recolección de los hechos y su análisis mismo presupone premisas teóricas. La teoría es empírica en el sentido de que de ella se pueden deducir formulaciones acerca de acontecimientos concretos, comprobados por la observación. La teoría general contiene sintéticamente a las leyes empíricas interconexionadas, que afirman los nexos causales entre las clases de sucesos, pero ella no es el producto inmediato de las observaciones empíricas y sus leyes. Las tesis teóricas se comprueban no por sí mismas, mediante la confrontación directa del postulado aislado con los datos empíricos, sino en el conjunto del sistema teórico íntegro.

En las ciencias sociales^[19] surge la diferenciación en relación con el "experimento", pues en éste caso se trata de abordar el estudio de hechos sociales. Su especificidad surge de la naturaleza del referente, es decir de la sociedad y sus subsistemas sociales, que incluyen al hombre como su componente fundamental. En la práctica de la investigación sociológica, en forma de encuesta o experimento propiamente dicho o de cierta iniciativa social, el carácter del experimento es un tipo de práctica transformadora, que en algunos casos se confunde con la práctica tecnológica-política o con una sociología aplicada, por medio de la cual se resuelven problemas sociales.

En la práctica científico-tecnológica en el campo social se requiere de la investigación empírica (por ej. sociológica), la cual puede tratar con hechos aislados sin aparente relación, con pedazos de la realidad social y con procesos particulares. De ahí es que tal investigación no pueda dar cuenta del conjunto total de nexos sociales en que está incluido el fenómeno, ni dar tampoco una representación íntegra del referente en estudio. Este carácter fragmentario y limitado del nivel empírico sólo se puede superar si se tiene una intelección teórica de la sociedad en su integridad, que evite las conclusiones de un "empirismo irreflexivo". En el campo sociológico las síntesis sectoriales y sus leyes empíricas son un puente de transición, de la teoría general a los conceptos que definen la información concreta obtenida en la investigación empírica. Para la práctica Política este tipo de conocimiento es indispensable, pues en tal caso las leyes sociales generales, permiten prever la dirección general del desarrollo histórico, pero no su ritmo, sus plazos y formas concretas, las cuales dependen de condiciones específicas o sea de circunstancias empíricas.

Las prácticas tecnológicas, tanto de la transformación directa (Ingeniería, Medicina, Política, Educación, etc.), como las correspondientes PTC del diseño y de la previsión, se fundamentan en el conjunto de las TTSE y TTSE, producto ambas de las PCT.

Nos queda por estudiar otro tipo de teorías, cuyos referentes consisten de sistemas o situaciones artificiales, producidos por las mismas prácticas tecnológicas. La ciencia que estudia estos problemas se puede denominar Ciencia Tecnológica, una PCT específica que produce sistemas conceptuales científico-tecnológicos de

una carácter diferente, pues se refieren a objetos artificiales no existentes antes; en cierta forma es una actividad diferente a la de la ciencia ortodoxa, la cual se podría decir que trabaja sobre lo dado. Su materia prima consiste de la enorme variedad y complejidad de sistemas tecnológico-científicos que concibe y realiza la PT. Es conveniente sin embargo estudiar antes a éstos últimos.

6. TEORIAS TECNOLOGICAS SUSTANTIVAS SISTEMICAS (TTSS)

Def. Un sistema conceptual es una TTSS r es un objeto artificial (cosa o sistema natural o social), tal que:

$$Tc = (U \text{ iTep}, m)$$

donde iTep es la i teoría específica parcial y m es el objeto modelo de Tc o $m = \hat{r}$.

Por tanto la teoría sistémica contiene una composición que es la unión de varias teorías tecnológicas totales o parciales, vinculadas por las condiciones del objeto modelo $m = \hat{r}$, cuando r es un objeto tecnológico. Estas teorías parciales están en concordancia con el carácter sistémico y compuesto del objeto concreto referente de la teoría, a cuya composición y por tanto sus componentes (a veces partes) representan.

Una representación total del objeto tecnológico sólo se obtiene, en forma mínima, determinando su composición, estructura y ambiente (como todo sistema). En la estructura estarán incluidas las condiciones que el objeto tiene que cumplir.

El modelo $m(Tc)$ es desigual a cualquiera de los modelos $mi(Tep)$ de las teorías específicas y contiene la síntesis de las relaciones no existentes en los fragmentos de los sistemas conceptuales parciales^[20]. De manera esquemática esto se puede representar con:

$$m(Tc) = (U \text{ mi}(Tep), C)$$

donde C representa la estructura (lo que produce la coherencia) del sistema r . En C están incluidas reglas y relaciones funcionales y de ubicación espacial o temporal (necesaria en algunos casos).

El sistema artificial de referencia tiene casi siempre una complejidad tal que su funciona-

miento posible, no se puede obtener sólo en base a las relaciones dadas por el paquete de teorías parciales involucradas. En realidad los teoremas básicos de éstas teorías contienen la unión de leyes básicas y empíricas, a las que se les agregan restricciones (por ej. con reglas) expresadas en el objeto modelo y representadas como condiciones sobre alguna ley, en general mediante ecuaciones matemáticas. El objeto modelo es el que induce la relación de coherencia a las teorías parciales, incluyendo condiciones que definen la función de utilidad o la designación de servicio. Veamos algunos ilustraciones al respecto.

La teoría de las turbo-máquinas^[21] (como las turbinas y las turbo-bombas que transforman energía por medio del movimiento rotatorio) contiene fragmentos de leyes y teorías de la Hidrodinámica, Hidráulica, Resistencia de Materiales y muchas otras leyes y datos empíricos, todos vinculados por el objeto modelo de una máquina "primitiva". Este incluye las condiciones que determinan la designación de servicio, representadas por la estructura del sistema artificial de referencia.

Análogamente la teoría de las máquinas eléctricas rotantes^[22], las que físicamente consisten de dos configuraciones electromagnético-mecánicas, compuestas de materiales no-magnéticos y magnéticos y circuitos en malla con sus campos magnéticos coexistentes y tales que un movimiento rotatorio relativo de varias velocidades, sea posible entre las configuraciones. Debido que éstas son múltiples, pues hay muchas y distintas máquinas diseñadas por la PTC y representadas por los correspondientes STS, es que antiguamente existían una gran número de teorías individuales e independientes entre sí, con su objeto modelo basado en algún cuadro físico original e inventado por un especialista. Todos estos paquetes de teorías fueron reemplazados por la denominada teoría tensorial de Kron, cuyo objeto modelo es el de una "máquina primitiva" de la cual derivan todas.

Otro ejemplo más, se tiene con las teorías correspondientes a los instrumentos de medición^[23].

Los objetos tecnológicos son componentes de sistemas artificiales sociales más grandes y requieren información especial para su uso o funcionamiento, es decir las instrucciones para las acciones humanas (por ej. reglas).

También si son subsistemas sociales (como el caso de una fábrica), se necesita definir su estructura y sus correspondientes prácticas sociales y Tecnologías componentes.

Tales elementos están incluidos en los STO y análogamente a como la historia de los STS particulares conduce al desarrollo de TTSS, también se producen en la PCT el estudio y la generación de teorías operativas más generales, las que estudiaremos a continuación con más detalle.

7. REGLAS (R)

Def. Una *regla* R consiste de un instructivo procedimental que indica la secuencia finita y ordenada de actos, que debe cumplir una práctica social específica para alcanzar un objetivo deseable^[24].

La representación de una regla se realiza por medio de las relaciones de presuposición pragmática de la forma $x-|y$, que se lee "para alcanzar x es necesario y", que es una relación de medios-fin.

Por ej. "la capacidad de diseño en cortante del núcleo de unión no podrá exceder v", siendo v calculable mediante una fórmula, en la que la magnitud de sus factores depende de otros datos y condiciones. Esta es una prescripción contenida en el sistema de reglas del CSCR85 (Código Sísmico), para el cálculo de elementos constructivos de concreto reforzado.

En las prácticas científicas las reglas constituyen las técnicas de la investigación y en las prácticas tecnológicas son la guía para las acciones. Las reglas científicas están sustentadas por leyes y deben ser compatibles con otras leyes, dado que lo más importante para la acción es que las reglas pertenezcan a sistemas de reglas.

Un sistema de reglas representa idealmente un posible sistema de actividades humanas o de otro tipo (por ej. las que pueda realizar un ordenador). Usando la definición etimológica de "método": de meta a lo largo y odos camino (ambos vocablos griegos), éste es el orden lógico que sigue una actividad orientada para alcanzar su fin. Los sistemas de reglas constituyen así una "metodología" de procedimientos escrutables, justificables, explicables, examinables, criticables y analizables.

Los sistemas expertos contienen sistemas de reglas, que son la base de conocimiento para las

prácticas tecnológicas (por ej. en la práctica médica), procediendo por inferencia de los datos a las conclusiones por sucesión de reglas. Los modelos de subsistemas sociales contienen en su mayor parte reglas, que constituyen los vínculos restrictivos del objeto modelo particular. Más explícitamente:

Def. Sea σ un subsistema social, ek un conjunto de cosas de tipo k , $Ek(\sigma)$ el espacio de los estados supuestos o deseados de las cosas ek en el instante t ; entonces una relación rik es una regla R sissi:

$$R = \hat{\ } rik : A(\sigma) - - - Ek(\sigma)$$

donde $A(\sigma)$ es un sistema de relaciones, las cuales representan una metodología para una práctica social específica a realizar por algunos componentes i del sistema σ (un subsistema de acción), en este caso actividades orientadas para lograr el estado $Ek(\sigma)$.

Por tanto una regla se representa, con una aplicación entre las acciones posibles de los componentes del sistema (representadas por A) a los estados deseados de las cosas. En la práctica tecnológica una regla científicamente sustentada es la que produce mayor eficacia de las acciones. En las prácticas sociales de transformación (por ej. las políticas), las reglas representadas por el modelo conceptual $A(\sigma)$, son sólo una guía para la acción.

8. DATOS (D)

Def. Un *dato* D es una proposición singular que tiene una referencia objetiva y que expresa el producto de observaciones científicamente organizadas y sistematizables^[26].

Por ej. "el módulo de elasticidad del acero SAE 1020, tiene magnitud igual a 1.97×10^6 Kg/cm²"^[27].

Los datos en sí mismos no dicen nada, para que tengan significado se requiere su inserción e interpretación en algún contexto teórico, relacionado con la realidad en estudio. Los datos se obtienen en las ciencias naturales en los labora-

torios experimentales y en las ciencias sociales mediante técnicas especiales aplicadas a las características de los sistemas sociales, pues como se señaló anteriormente el concepto de experimento es diferente para estos casos, pues el laboratorio es en la mayoría de los casos algún subsistema social mismo. En ninguno de los casos los datos se obtienen en un vacío teórico.

Por ejemplo en la Ciencia tecnológica denominada Resistencia de Materiales, se trata la "falla" de materiales sujetos a "fuerzas", como por ej. la determinación de la carga que soporta un alambre en tensión. La "deflexión" de estructuras es otro problema enfocado por esta ciencia. Ambos fuerzas y deflexiones son evidentes para los sentidos. La magnitud de una fuerza se puede estimar directamente por esfuerzo muscular si no es, ni muy pequeña ni muy grande, aunque el método usual de medición es por medio de instrumentos tales como escalas o medidores de presión, en los cuales la magnitud de la fuerza es expresada en términos de una fuerza estándar aceptada (Kg) y trasladada a una lectura visual. Las deflexiones, si son suficientemente grandes, se pueden observar directamente, sin embargo usualmente se emplea un instrumento (un medidor de deformación), el cual magnifica la deflexión y capacita al experimentalista para efectuar una lectura exacta, sobre una escala graduada en términos de alguna longitud estándar (cm).

Observaciones del comportamiento de estructuras se realizan en el "nivel observacional". Sin embargo, si la investigación se quedara en este nivel epistemológico las posibilidades de analizar y de desarrollar métodos de predicción del comportamiento de los materiales bajo la acción de fuerzas, se restringiría severamente. Es necesario introducir otros niveles de abstracción en los cuales se usarán términos como "esfuerzo", "deformación", "tasa de carga", "energía", etc., conceptos que corresponden a fenómenos que no son directamente observables. En el caso anterior se mantiene aún el mismo nivel ontológico, pues los referentes son los cuerpos.

A veces es necesario pasar a otro nivel ontológico, como fué el caso con la ley de Ohm, la cual fué descubierta al nivel de observación y posteriormente fué puesta en relación con procesos surgidos de otro nivel ontológico, produciéndose de ésa manera también otro nivel epistemológico de explicación.

9. TEORIAS TECNOLOGICAS OPERATIVAS (TTO)

Como se señaló anteriormente, las prácticas tecnológicas requieren de los sistemas de reglas. Específicamente, mientras la PCT produce reglas y sistemas de reglas científicamente sustentadas, la PTC las utiliza o aplica en los procesos del diseño de los sistemas de actividades humanas o los STO pertenecientes a los sistemas artificiales por construir o producir.

El diseño y el control de éstos requiere de un conocimiento de la dialéctica básica de los procesos sociales (por ej. los morfogénicos socio-culturales). La investigación en ése campo ha desarrollado un mayor conocimiento de la naturaleza procesual de las organizaciones sociales y la estructura de la sociedad, lo que ha permitido la elaboración de una gran cantidad de modelos conceptuales de la acción y la interacción social, que contribuyen al diseño de los STO, los cuales denominamos TTO. Estas teorías se fundamentan en las ciencias formales (lógica, matemática) y en el método científico y se refieren a las acciones humanas, es decir, son teorías de la acción.

Def. Un sistema conceptual es una TTO, si su referente r consiste de la unión de miembros de la composición y del ambiente (en especial el artificial) de un sistema social, conteniendo un objeto modelo que esquematiza idealmente a un posible proceso de interacción entre los componentes de r .

Es decir, la teoría contiene una representación ideal de procesos sociales (como por ej. adversarios completamente racionales y con información completa, demanda y suministro continuos, etc.). El objeto modelo constituye un "praxeograma" o modelo matemático para la acción, el cual idealiza a supuestas acciones humanas en relación con hombres o cosas, o sea de prácticas sociales. En la PTC se obtienen "mapas" o "praxeógrafos" que sirven de guía en la toma de decisiones en las prácticas tecnológicas de la ejecución, del control (Administración) y de la producción.

El fundamento de estos sistemas es especialmente la Matemática, principalmente porque los problemas que tienen relación con los actos humanos son combinatorios y topológicos. Esta ciencia unida a los ordenadores ha posibilitado el

desarrollo de todas éstas teorías y métodos que constituyen la "praxeología" o ciencia de la acción^[28], con campos como la investigación de operaciones, la teoría de las decisiones, teorías matemáticas de las colas y de los juegos, etc. Estas teorías más generales de la acción fundamentan la programación en las prácticas del diseño y de la transformación directa, como sucede en la Ingeniería (como por ej. los métodos PERT o CPM), la Medicina (por ej. operaciones quirúrgicas), la Educación, y otras prácticas tecnológicas.

Así las instrucciones técnicas de una cadena de producción, el sistema de reglas de una compañía, un código legal, un programa de gestión, un modelo determinista de una organización, etc. son ejemplos de sistemas complejos de reglas o de sistemas tecnológicos operativos (STO) sustentados en las TTO.

10. CONJUNTOS TECNICOS (CT)

La PT utilizan además del producto de las PCT, un "conocimiento práctico" basado en un conjunto de elementos no científicamente determinados, es decir alcanzados sin seguir un proceso de observación, experimentación y de elaboración teórica y únicamente surgidos de la experiencia práctica. Ellos constituyen un capítulo, importante, abierto y móvil, del conocimiento tecnológico, que sintetizamos con el nombre de *Conjuntos Técnicos* (CT). Estos los analizaremos a continuación.

Def. Se llaman CT a todo conjunto de conceptos, producto de generalizaciones empíricas no alcanzadas por la metodología científica, que constituyen un "saber técnico" útil para la acción y decisión en la práctica tecnológica, cuando no existe un fundamento científico completo.

Este conocimiento es un tipo de "saber cotidiano"^[29] producido por la conciencia habitual, que incluye un poco de "sentido común"^[30], "experiencia" y "reglas de dedo"^[31], logradas por medio de la observación de los hechos cotidianos en el nivel empírico, inducido en primera instancia por una "abstracción buena", que sin embargo no es un conocimiento científico de la realidad, aunque éste producto puede ser no falso (la ideología no se identifica con el error). Conceptos como "trabajo humano", "población", "cohesión

social", "tensión", "deflexión", etc. indican una realidad pero no la conocen, pues no alcanzan explicar su esencia, o en otras palabras no alcanzan "lo concreto de pensamiento". Pero este tipo de elementos son la condición ineludible para el conocimiento científico, pues son una descripción, un registro de fenómenos, la indicación de una apariencia, o sea, la "materia prima" de la práctica científica o científico-tecnológica. En esta fase empírica pre-teórica los términos que aparecen se supone que expresan lo "dado inmediatamente". Sólo con una elaboración posterior y un análisis crítico-reflexivo permitirá el paso a otros niveles conceptuales.

En la Ingeniería es común el uso de las denominadas reglas de dedo, que no son más que procedimientos destilados de la experiencia, de la tradición práctica. Estas conllevan una aproximación, siempre conservadora y segura, la cual junto con los factores de seguridad globales, es suficiente para considerar las eventualidades del mundo real en el problema a resolver o la decisión a tomar.

En resumen los SCT, medios de producción de las PTC y por tanto fundamento científico de los STC, contienen normalmente elementos de conocimiento técnico o ordinario. Entre mayor racionalización tenga una práctica, mayor es su fundamentación en el conocimiento científico coetáneo y menor es el conocimiento ordinario que emplea en sus diseños y decisiones. Sin embargo, dado el carácter abierto de estos procesos y la complejidad de las situaciones y referentes, esto es sólo un ideal por cumplir permanentemente.

11. CONCLUSIONES FINALES

Las prácticas científico-tecnológicas y tecnológico-científicas, cuya unión hemos denominado el conjunto de las prácticas tecnológico-culturales, poseen y desarrollan en cada uno de sus dominios o subdominios, a los sistemas conceptuales de la correspondiente Tecnología.

Del análisis realizado de las características de los componentes de esos sistemas conceptuales, se deduce que la conexión entre las teorías tecnológicas imbricadas en los STC y que forman el núcleo básico de los SCT, no constituyen vínculos fuertes, como es el caso con ciertos sistemas científicos fundamentales. Esto se evidencia al estudiar las TTSS, producto del desarrollo de los STC, las cuales contienen teorías o frag-

mentos de ellas no completamente compatibles, con vínculos relativamente débiles, o con subsistemas no compactos, ni en general axiomatizables.

Si consideramos al conjunto global de los Sistemas Conceptuales de la Tecnología, es evidente que éste constituye una totalidad en desarrollo y en la cual no hay construcciones absolutamente fijas o aisladas. El puente e interrelación entre los STC y los SCT, tiene una dinamicidad intrínseca producto del fenómeno activo y permanente de la innovación de nuevos sistemas artificiales concretos y de la concepción de nuevas teorías específicas. La axiomatización, a veces un elemento dilucidador de los problemas científico-filosóficos, se logra en teorías más generales y más compactas. En el caso que tratamos los sistemas son abiertos, y entonces no están limitados a las fórmulas propias, ya que pueden admitir nuevas y sin límite.

La PTC producen permanentemente sistemas tecnológicos particulares, resultado de la "modelización" del problema a resolver, un proceso de diseño que utiliza el apoyo del conocimiento ya elaborado teórica y experimentalmente por la PCT (ciencia tecnológica). En ésta, los conocimientos científicos de carácter empírico son básicamente abiertos, interactuando intensamente con su entorno, el conocimiento técnico y a veces la protociencia. Por lo tanto siempre existen SCT y STC en formación y cambio, que incluyen a todos los factores teórico-prácticos del desarrollo, desde descripciones sintetizadoras a conclusiones teóricas, de evidencias factuales a verdades racionales.

El conjunto de esos sistemas en un momento histórico dado, conforma lo que se puede denominar el *Patrimonio Tecnológico-científico*^[32] de la sociedad, el cual incluye tanto a las teorías perfectamente elaboradas (como por ej. algunas de las TTSSB), como a las que están en las etapas iniciales de los procesos de formación y consolidación empírico-teórica de las prácticas.

En este intento de esclarecer la naturaleza del producto de las prácticas tecnológico-culturales, el cual denominamos SCT y STC, (que no está separado de nuestro análisis de las prácticas mismas hecho en otro lugar), no hemos usado un modelo general del conocimiento científico o tecnológico como una integridad indiferenciada. El análisis más concreto del problema sólo se puede dar considerando la realidad de las dife-

rentes prácticas, de sus productos, de su circulación productiva y de su interrelación dialéctica.

En cada momento histórico ambas prácticas (PCT y PTC) representan fases del desarrollo de la actividad cognoscitiva, innovativa y transformadora, proceso en el cual está incluida la relación entre los tipos de actividad y los tipos genéticos del saber y entre "lo teórico" y "lo empírico" del mismo conocimiento científico. Los procesos de producción de cosas concretas (instancia práctico-empírica) o de los ST que las representan (PTE y PTC respectivamente), no elaboran conocimiento en forma pura, sino que frecuentemente producen en "estado práctico"^[33] conocimientos científicos.

Es decir, en la creación de un objeto real-concreto, como por ejemplo la estructura para un tipo de puente o un partido político, puede existir simultáneamente en "estado práctico" la teoría científica correspondiente (por ej. la teoría del postensado o la teoría de un partido político). En este caso se podría decir que existe un "estado práctico-empírico", o sea una presencia de la ciencia en el "hacer". Análogamente cuando se produce un objeto conceptual-ideal (diseño) se puede dar una presencia de la ciencia en el discurso que representa al posible objeto concreto. Esto engendra muchas veces un "estado teórico" superior al nivel de la PCT y a su vez éste un nuevo "estado práctico" y así sucesivamente en la tarea sin fin de los procesos creativos de la sociedad.

En resumen, el motor a través del cual se realiza la tarea de la producción "teórica y práctica", está constituido por la circulación productiva existente en la interrelación de las prácticas. Esta que podría llamarse la circulación productiva tecnológico-científica, consiste en que uno de los términos de la cadena (como práctica y como sistema conceptual propiedad o conocimiento de los ejecutores de tal actividad) contiene vacíos teóricos que poseen su lleno práctico en otro nivel. El proceso se da entre el paso de un vacío teórico-empírico, a un lleno teórico (estado teórico) empírico, por medio de un lleno práctico (estado práctico) empírico.

Pueden aparecer leyes científicas en estado práctico-empírico en el nivel de las prácticas tecnológicas empírico-concretas, como es el caso de las acciones de la Ingeniería o de la Política; en ésta última cuando aparecen actuaciones concientes dirigidas por una teoría transformadora (caso en el cual se da la unión de la práctica

teórica y la política). También pueden existir estados prácticos-empíricos en ciertas actuaciones políticas, que aunque en cierta medida son espontáneas, coinciden con las leyes históricas y corresponden por tanto a la situación concreta de la coyuntura social en que actúan, como podrían ser los intereses de cierta clase social.

Se requiere profundizar mucho más en la determinación del contenido de saber científico y tecnológico, de la circulación productiva entre las instancias de la cadena productiva, del enlace entre los niveles, etc.

En este estudio sólo hemos dado algunos elementos de referencia, que consideramos importantes para el esclarecimiento de la compleja dialéctica de la relación entre los factores científicos y tecnológicos, sea como prácticas sociales o como sus productos conceptuales, análisis necesario para comprender su desarrollo histórico.

Referencias

- [1] Según sean los componentes de un sistema: concretos (materiales: naturales o sociales) y conceptuales (ideales), así es el sistema. Es decir, sólo dos reinos de los sistemas consideraremos. Bunge, M. (1979).
- [2] R. Herrera, 1989.
- [3] Por diseño entendemos a todo el proceso de creación conceptual de los sistemas conceptuales de posibles sistemas concretos o sus estados. R. Herrera, 1989, 1990 a.
- [4] Herrera, 1990 b.
- [5] Por Tecnología no entendemos únicamente "la aplicación de las ciencias de la naturaleza a las técnicas de la producción" [Balibar, (1978), p.262], pues aquí el concepto incluye también prácticas y transformaciones sociales. Herrera (1990 b).
- [6] Herrera, 1989.
- [7] Herrera, 1990 a.
- [8] Herrera, 1989.
- [9] Herrera, 1990 a.
- [10] M. Bunge, 1969.
- [11] Un "objeto modelo" es una representación conceptual esquemática de una cosa o sistema real. Es una idealización que representa a los rasgos clave del objeto concreto (Bunge, M. 1972), pero no es su reflejo especular. El pensamiento y la existencia, aun cuando son interdependientes, no son idénticos.
- [12] Una axiomatización de ésta ciencia puede verse en M. Bunge, (1967). Para el concepto de "cuerpo" ver C. Truesdell (1974).
- [13] C. Truesdell, (1975), p. 181.
- [14] L. Althusser, 1978.
- [15] Bunge [Bunge, (1969)], relaciona "profundidad" en sentido epistemológico con cambio de nivel ontológico. Sin embargo existen teorías como la Mecánica del Continuo o sus teorías particulares (TTSB), que no son menos

"profundas" en el sentido epistemológico por mantenerse en el nivel fenomenológico (cuerpos, en tal caso).

- [16] Bunge, 1969; R. Carnap, 1969.
 [17] Althusser, 1980.
 [18] V. Shvirlov, 1982.
 [19] L. Goldmann, 1972; V. Kelle, 1982.
 [20] H. Padilla, 1976.
 [21] L. González, 1959.
 [22] E.G. Keller, (1945), p.153.
 [23] Bunge, 1969.
 [24] M. Black, 1966; Bunge, 1969.
 [25] Código Sísmico de Costa Rica, 1986.
 [26] Bunge, 1969.
 [27] F.R. Shanley, 1957.
 [28] A. Kaufmann, 1967.
 [29] Althusser, 1980.
 [30] E. Nagel, 1978.
 [31] Usamos el término "regla de dedo" como traducción de rule of thumb [D. Blockley, (1980)].
 [32] La expresión "patrimonio científico-técnico" [L. Geymonant, (1980)] designa el "edificio global de la ciencia", "sistema en prolongación", etc. siempre en continuo incremento y desarrollo, proporcionado por medio de cada rama específica.
 El concepto de "sistema conceptual de la Tecnología" considerado en éste ensayo pretende profundizar y complementar ésa idea, en especial al considerar el hecho de la articulación de las prácticas y sus productos conceptuales.
 [33] Con el término "estado" designamos un "existente", un "lleno" y el término "práctico" nos dice que tal "estado" no se encuentra teorizado, sino que se encuentra "operando" o "realizado" en cierto nivel científico, tecnológico, etc. (Althusser desarrolla éste concepto en toda su obra).

SIMBOLOGIA

- U: símbolo lógico de "unión" entre conjuntos.
 $= \wedge$: símbolo semántico de referencia que se lee para $x = \wedge y$, "x representa o modela a y". Es una relación de imagen conceptual a cosa representada, de los objetos teóricos a sus referentes concretos.
 sissi: abreviación de "si y sólo si".

BIBLIOGRAFIA

- Althusser Louis y Etienne Balibar. Para leer el Capital. México: Siglo XXI Editores S.A., 1978.
 Althusser Louis. La Filosofía como Arma de la Revolución. México: Siglo XXI Editores S.A., 1980.
 Black Max. Modelos y Metáforas. Madrid: Editorial Tecnos S.A., 1966.
 Blockley David. The nature of structural design and safety. England: Ellis Horwood Limited Publ., 1980.
 Bunge Mario. Foundations of Physics. New York: Springer Verlag, 1967.
 _____, La Investigación Científica. Barcelona: Editorial Ariel S.A., 1969.

- _____. Teoría y Realidad. Barcelona: Editorial Ariel S.A., 1972.
 _____. A Treatise on Basic Philosophy, Vol.4. New York: Reidel Publishing Co., 1979.
 _____. Economía y Filosofía. Madrid: Editorial Tecnos S.A., 1985.
 Carnap Rudolf. Fundamentación Lógica de la Física. Buenos Aires: Editorial Sudamericana S.A., 1969.
 Código Sísmico de Costa Rica. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 1986.
 Geymonant Ludovico. Ciencia y Realismo. Barcelona: Editorial Península, 1980.
 González Luis. Notas sobre la Teoría de las Turbinas Hidráulicas. Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica, 1960.
 Goldmann Lucien. Las ciencias humanas y la filosofía. Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión S.A.I.C., 1972.
 Harnecker Marta. El Capital: conceptos fundamentales. México: Siglo XXI Editores S.A., 1987.
 Herrera Rodolfo. "Technology and Society". Proceedings of the ASSE. 1989 b. Annual Conference. Lincoln, Nebraska.
 _____. "La práctica tecnológica". Revista de Filosofía, Vol. XXVII, No. 66. Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 1989.
 _____. "Los sistemas tecnológicos concretos". A publicarse en Praxis, Universidad Nacional de Heredia, Costa Rica, 1990 a.
 _____. "Tecnología y Sociedad". A publicarse en Revista de Filosofía, Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 1990 b.
 Nagel Ernest. La Estructura de la Ciencia. Buenos Aires: Editorial Paidós, 1978.
 Kaufmann Arnold. La ciencia y el hombre de acción. (Introducción a la praxeología). Madrid: Editorial Guadarrama, S.A., 1967.
 Kelle Vladislav. "La teoría y su contexto social". Ciencias Sociales, No.2, Academia de Ciencias, URSS, 1982.
 Keller E.G. Mathematics of Modern Engineering, Vol.II. New York: John Wiley & Sons, 1945.
 Padilla Hugo, et al. "Los objetos tecnológicos, su base gnoseológica". La ciencia y la filosofía en nuestros días, México: Editorial Grijalbo S.A., 1976.
 Shanley F.R. Strength Materials. New York: McGraw-Hill Book Co., 1957.
 Shvirlov Vladimir. "Lo empírico y lo teórico". Ciencias Sociales, No.3, Academia de Ciencias de la URSS, 1982.
 Truesdell Clifford. Introduction a la mécanique rationnelle des milieux continus. Paris: Masson et. cie., Editeurs, 1974.
 _____. Ensayos de la Historia de la Mecánica. Madrid: Editorial Tecnos S.A., 1975.
 Tuillier Pierre. La manipulación de las ciencias. España: Editorial Fundamentos, 1975.