

3

Grandes sistemas técnicos y espacio geográfico. Revisión de posturas y articulaciones conceptuales

Adriano Daniel Furlan¹

Universidad Nacional de Mar del Plata-CONICET

@ [adryfurlan@hotmail.com]

Fecha de recepción: 30/06/16

Fecha de aprobación: 01/09/16

Cita sugerida: Furlan, A. (2016) Grandes sistemas técnicos y espacio geográfico. Revisión de posturas y articulaciones conceptuales. Revista *Huellas* N° 20, Instituto de Geografía, EdUNLPam: Santa Rosa. Recuperado a partir de: <http://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/huellas>

DOI: <http://dx.doi.org/10.19137/huellas-2016-2004>

Resumen

El estudio de las modernas redes de infraestructura en términos de “grandes sistemas técnicos” fue inaugurado por Hughes y desarrollado por analistas sociales de la técnica como Joerges, Mayntz y Gras. Milton Santos incorporó nociones procedentes de dicha área del saber en su caracterización del sistema técnico actual y del espacio geográfico. El artículo revisa el concepto de gran sistema técnico, haciendo hincapié en una selección de contribuciones que poseen pertinencia para su adopción en la Geografía, es decir, miradas susceptibles de ser integradas a través del momento espacial de la teorización. La base para ordenar la articulación conceptual se encuentra en la teoría del espacio de Milton Santos. Las ideas que se discuten son reinterpretadas, así, a la luz de un marco teórico que prefigura una comprensión particular de la naturaleza de lo geográfico. La reunión de aportes, por lo tanto, pretenden ofrecer un bagaje conceptual para el abordaje de la estructuración, el funcionamiento y el desarrollo de los grandes sistemas técnicos: creaciones heterogéneas, complejas, diversificadas y eminentemente políticas que desempeñan papeles estratégicos en la modernización de la sociedad, implicados en prácticamente todas las prácticas humanas, y que definen un espacio propio.

Palabras clave: técnica; infraestructura de gran escala; redes; medio geográfico.

- 1 Profesor en Geografía (Universidad Nacional de Mar del Plata) y Doctor en Geografía (Universidad Nacional de La Plata). Becario Posdoctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Miembro del Centro de Investigaciones Geográficas y Socio-ambientales de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Autor y expositor de trabajos sobre la temática de los servicios de infraestructura, con especial interés en la energía, en eventos académicos de alcance nacional e internacional. Cuenta con publicaciones sobre dicha temática en libros y revistas científicas.

Abstract

The study of modern infrastructure networks in terms of “large technical systems” was firstly established by Hughes and later developed by social analysts of technology such as Joerges, Mayntz and Gras. Milton Santos incorporated notions from this area of knowledge when he characterized the current technical system and the geographical space. The article reviews the concept of large technical system, emphasizing a set of contributions that are highly useful in the field of geography, i.e. insights likely to be integrated at the moment of space theorizing. The basis for organizing conceptual articulations is present in Milton Santos’ theory of space. So, the ideas discussed are reinterpreted applying a theoretical framework that foresees a particular understanding of the nature of the geographical element. The contributions, therefore, aimed at providing a conceptual background to approach the structure, operation and development of large technical systems: heterogeneous, complex, diversified and highly political creations that play strategic roles in the modernization of society, involved in virtually all human practices and which define their own space.

Key words: technique - large scale infrastructure - networks - geographical environment.

Os grandes sistemas técnicos e o espaço geográfico.
Revisão de posições e articulações conceituais

Resumo

O estudo das modernas redes de infraestrutura em termos de “grandes sistemas técnicos” foi inaugurado por Hughes e desenvolvido por analistas sociais da técnica como Joerges, Mayntz e Gras. Milton Santos incorporou noções precedentes desta área do saber na sua caracterização do sistema técnico atual e do espaço geográfico. Este artigo visa o conceito de grande sistema técnico, fazendo ênfase em uma seleção de contribuições que possuem pertinência para sua adoção na Geografia, isto é, olhares susceptíveis de serem integrados através do momento da teorização. A base para ordenar a articulação conceitual se encontra na teoria do espaço de Milton Santos. As ideias que se discutem são reinterpretadas sob a luz de um marco teórico que prefigura uma compreensão particular da natureza do que é geográfico. Consequentemente, os aportes pretendem oferecer uma bagagem conceitual para a abordagem da estruturação, o funcionamento e o desenvolvimento dos grandes sistemas técnicos: criações heterogêneas, complexas, diversificadas e eminentemente políticas que desempenham papéis estratégicos na modernização da sociedade, envolvidos praticamente em todas as práticas humanas e que definem um espaço próprio.

Palavras chave: técnica - infraestrutura de grande escala - redes - meio geográfico.

Introducción²

A propósito de la descripción y explicación del espacio contemporáneo, Milton Santos sugirió una serie de temas del discurso geográfico que merecerían una atención mayor, entre los cuales incluyó “los sistemas de ingeniería y sus características actuales, la creación de los grandes objetos geográficos, los fijos y flujos en el espacio” (Santos, 1994: 62). El argumento que sostiene el orden de prioridades de esa focalización es que: “el conocimiento de los sistemas técnicos sucesivos es esencial para la comprensión de las diversas formas históricas de estructuración, funcionamiento y articulación de los territorios” (Santos, 2000: 145).

La constante voluntad de perfeccionamiento de los instrumentos de análisis del fenómeno técnico lo impulsó a indagar variadas perspectivas teóricas que alimentaron la erudición de su pensamiento geográfico. Con respecto a los sistemas de ingeniería, en *La naturaleza del espacio*; obra que —en nuestra opinión— refleja su interpretación más refinada del sistema técnico actual; incursionó en la visión de los “grandes sistemas técnicos” (GST), inaugurada por Thomas Hughes a comienzos de la década de 1980 y continuada por otros analistas sociales de la técnica, como Renate Mayntz, Bernward Joerges y Alain Gras. En su versión original, la visión de los GSTs tiene por objeto la realidad histórica de las redes de infraestructura que se desarrollan desde fines del siglo XIX sobre la base tecnológica de las principales formas de transporte, comunicación y energía (Mayntz y Hughes, 1988; Robert, 1999). Pero con el transcurrir de los debates en torno al encuadre teórico de los sistemas de artefactos que componen el ambiente construido de la era contemporánea, el concepto del GST fue abierto a la consideración de nuevas clases de estructuras socio-técnicas.

Teniendo en cuenta la importancia que poseen los GSTs en la organización y la cotidianidad del mundo de hoy, parecería conveniente revisar aportes efectuados por los representantes de esta peculiar conceptualización a los fines de identificar elementos útiles al entendimiento de la condición de existencia del espacio geográfico y de sus implicancias en la vida social. El camino trazado en este artículo ubica como punto de partida las precursoras conexiones conceptuales establecidas por Milton Santos en la formulación de su teoría del espacio. El punto de partida escogido permite dos cosas. Por un lado, contamos con un marco interpretativo de *lo geográfico*, donde se define la orientación epistemológica inserida en el discurso

2 El presente artículo se enmarca en el proyecto de investigación posdoctoral “El desarrollo geográfico de la red eléctrica argentina en el marco de la reestructuración del capitalismo nacional (1975-2012)”, financiado por el CONICET.

disciplinar ante la inmensa dispersión de significados atribuida al término “espacio” y, por consiguiente, desde el cual avanzar lógicamente hacia la articulación de los conceptos. En dicha propuesta, el espacio geográfico es definido como “un conjunto indisoluble, solidario y contradictorio, de sistemas de objetos y sistemas de acciones” (Santos, 2000: 54). Por el otro, la recuperación crítica del antecedente presupone un orden para llevar adelante la revisión de posturas y posiciones de los analistas del GST y plantear interrogantes sobre lo que Santos identificó como elementos de interés para la Geografía, así como agregar otros que creemos pueden engarzar con toda coherencia en su sistema teórico. Luego, damos paso al análisis de miradas sobre el GST, colocando el acento en el “momento espacial” de la conceptualización. La pesquisa es francamente deudora de la exploración temática iniciada por Santos, que retomamos con voluntad de ampliación y actualización de sus horizontes. Esperamos que las ideas reunidas en el texto sean de utilidad para geógrafos y estudiosos de disciplinas afines interesados en pensar el rol de los grandes sistemas técnicos en la estructuración y desarrollo histórico del espacio.

La importancia de los grandes sistemas técnicos

Los GSTs cumplieron un rol fundamental en los procesos de industrialización, urbanización y crecimiento económico desde finales del siglo XIX. Inicialmente, fueron ferrocarriles, telégrafos y teléfonos; suministros de agua potable, gas y electricidad; desagües y otros tipos de canalizaciones, ductos y vías de transportación que en la forma de modernas redes técnicas ayudaron a producir “cambios significativos en el estilo de vida” (Mayntz y Hughes, 1988) y en la “estabilización de las relaciones sociales” (Robert, 1999). Al extraordinario despliegue que exhibieron las fabricaciones de esta “primera generación” de GSTs, le continuaron otros saltos cualitativos no menores asociados con el progreso científico-tecnológico y la prosperidad de la época de Posguerra, que, debido a la aceleración del ritmo de innovación y a la competencia y perpetuo recambio de técnicas que obligan las invariantes del modo de producción del capital, han originado la convivencia de una multiplicidad de redes paralelas, tal como atestiguan los vigentes medios de transporte y comunicación. A las redes técnicas de los servicios de infraestructura y de organizaciones socio-técnicas específicas se agregan otras estructuras no necesariamente reticulares pero involucradas, asimismo, en el orden técnico contemporáneo. Sean de origen “tradicional” o reciente, todos los GSTs prestan función en el metabolismo entre

sociedad y naturaleza y participan por su inmediata presencia en la producción y reproducción del medio técnico-científico-informacional, según modos atribuidos por el desarrollo de las fuerzas productivas y el estado dinámico de las relaciones sociales y con desiguales grados de difusión-concentración y eficacia. Construcciones de envergadura al servicio de la circulación de bienes y personas o de la concreción de unas funciones estratégicas menos visibles y accesibles que le dan su apariencia geohistórica a la fase del desarrollo capitalista de la globalización. Una etapa en la que la proliferación de efectos sociales y ambientales del crecimiento desmesurado enciende alarmas y pone en jaque la sostenibilidad de las estrategias de desarrollo. Los GSTs son piezas medulares de estos desequilibrios sistémicos y atraviesan de lleno el núcleo de la moderna disyuntiva axiológica que pesa sobre la tecnología.

Aproximaciones preliminares al gran sistema técnico a través de Milton Santos

La técnica es una categoría que ocupa una posición central en el pensamiento de Milton Santos: hace posible la empirización del tiempo a la vez que hace posible la cualificación precisa de la materialidad sobre la que trabajan las sociedades humanas (Santos, 2000: 47). Por el alto contenido en ciencia y tecnología que incorpora el medio geográfico, cada vez más artificializado, en el actual período histórico deviene “medio técnico-científico-informacional” (*op.cit.*). La idea de la técnica como hecho sistémico e inseparable del contexto que le otorga sentido sugiere para Santos reconocer en el sistema técnico una categoría interna de análisis del espacio. En el plano metodológico, tal postulado epistemológico implica considerar los particulares sistemas técnicos que soportan las actividades y prácticas sociales. La consideración de los sistemas técnicos a través de los objetos que los integran y las acciones que los animan forma parte de una visión amplia de la epistemología geográfica que procura acceder al conocimiento del significado del espacio mediante la división analítica de sus partes, pero sin perder de vista nunca la totalidad en movimiento que lo constituye (Santos, 1986).

En *Metamorfosis del espacio habitado* (1988), el autor se referirá a los sistemas técnicos como “sistemas de ingeniería”, definidos simplemente como “conjuntos de fijos, naturales y sociales” (Santos, 1995: 76), siendo los “fijos” instrumentos de trabajo y fuerzas productivas que se encuentran localizados y que provocan flujos en función de sus datos técnicos y políticos (75-76). Los sistemas de ingeniería se hallan presentes en

toda sociedad y evolucionan con la historia, cambiando en ellos la composición de instrumentos de trabajo y fuerzas productivas y los niveles de organización sistémica. En esa historia, surgen sistemas de ingeniería que se enlazan y superponen unos a otros, adaptándose a las condiciones sociales y materiales de la producción (Santos, 1986: 11). Tomados en conjunto, expresarían estas tendencias: artificialización no homogénea de la naturaleza, uso creciente del capital sobre el trabajo (con repercusiones cualitativas y cuantitativas en la estructura profesional), unificación técnica y organizacional, interdependencia, diversificación y expansión de los objetos técnicos, cooperación geográficamente extendida, multiplicación de mediaciones y universalización (Santos, 1995: 77-79). A medida que los sistemas de ingeniería evolucionan y ganan complejidad se hace imprescindible disponer de los conceptos que den cuenta de la especificidad de las nuevas situaciones. Pero al no ocuparse Santos de lo que distingue a los sistemas de ingeniería entre sí, ni de la variedad de sus organizaciones resultantes, no ofrece pautas para la particularización del sistema técnico total, sobre todo, en lo que respecta al medio geográfico del período histórico actual.

Más tarde, la caracterización del sistema técnico expuesta en *La naturaleza del espacio* (1996), si bien muestra solución de continuidad con las ideas previas del autor, extiende las consideraciones sobre la especificidad de los sistemas de ingeniería. En principio, las generalidades son similares a las contempladas con anterioridad, a las que se añadirán enfáticamente nuevos atributos asociados a la racionalización de los objetos y las acciones. Entre los más significativos, identifica: universalidad y auto-expansión, vida sistémica, concreción, contenido en información e intencionalidad (Santos, 2000: 180)³. Luego, aunque la obra no persigue construir una clasificación de los particulares sistemas técnicos, se señala que éstos incluyen a los “macrosistemas técnicos”. Santos afirma que esta expresión fue utilizada por varios autores; entre quienes cita a Joerges, Hughes, Mayntz y Gras; para designar a “aquellos sistemas técnicos sin los cuales los otros sistemas técnicos no funcionarían” (150). Los macrosistemas técnicos –agrega– promueven grandes obras (embalses, vías rápidas de transporte, aeropuertos, comunicaciones, etc.) y constituyen el fundamento material de las redes de poder (151).

3 La lista de propiedades del actual sistema técnico, aludidas a lo largo del libro, es sumamente extensa. Solamente para apoyar este punto, trabajado con suficiencia por el autor, valga agregar: interdependencia, complementariedad, cohesión, unificación, rapidez de difusión, invasión, indiferencia en relación al medio en se instalan, artificialización, racionalización, estandarización, indivisibilidad y autonomía relativa, entre otras (Santos, 2000: 151-154).

El planteo general de Milton Santos permite inferir algunas ideas adicionales sobre los macrosistemas técnicos. Esta clase singular de sistema de ingeniería⁴ se halla jerárquicamente posicionada en la base del sistema técnico total. Todas las acciones y funciones que ocurren en el medio técnico-científico-informacional estarían atravesadas por la ineludible co-presencia de los macrosistemas técnicos, ya que sin su concurrencia ninguno de los objetos técnicos modernos, y menos aún los más recientes y sofisticados de ellos, podría intervenir en las acciones para las cuales fueron concebidos o lo harían muy deficientemente, con un mínimo grado de eficacia y sin manifestación de su intencionalidad. Debido a la dependencia funcional que ejercen sobre el funcionamiento del conjunto, los macrosistemas técnicos son, por lo tanto, componentes estratégicos del sistema técnico hegemónico. El comportamiento invasivo del sistema técnico actual sobre prácticamente todos los lugares del planeta, y la consecuente tendencia a la homogeneización de los patrones de producción y uso del espacio, aún con diferenciales de densidad técnica e informacional y complejidad organizativa, sería posible gracias a los macrosistemas. Y si la conjetura es atinada, también debería aseverarse la necesaria precedencia o expansión simultánea de los macrosistemas con respecto a la distribución espacial de los objetos no macrosistémicos en la evolución poco uniforme del medio geográfico.

Ahora bien, el modo en que Milton Santos trata el asunto del macrosistema técnico, o GST, despierta ciertos interrogantes que deben ser esclarecidos. Primero, más allá de su importante condición de técnica base, Santos no detalla cuáles serían los atributos del macrosistema técnico, ¿hay un isomorfismo pleno entre las cualidades del GST y las del sistema técnico actual? ¿Comparte sólo algunas propiedades generales? O, en cambio, ¿es dueño de unos rasgos singulares que es preciso dilucidar? El uso que Santos realiza de la noción de “*reverse salient*” de Hughes, como se verá más adelante, es alcanzada por planteos de tenor similar. Segundo, la expresión de “macrosistema técnico” (“*macro-système technique*”), que Santos adjudica a los ya mencionados autores, le pertenece a Alain Gras, mientras que el resto inscribe sus reflexiones en la locución “gran sistema técnico” (“*large technical system*” o “*grosse technische system*”). Aquí no hay una mera cuestión terminológica o lingüística, sino conceptual: el macrosistema técnico representa una categoría específica de GST (Gras, 1993a: 17). La conceptualización del GST está habitada

4 Utilizando el lenguaje de Santos, hablamos de “sistema de ingeniería” (conjunto de fijos), aún cuando las nociones de macrosistema técnico, o GST, como veremos más adelante, considerarían simultáneamente fijos y flujos.

por matices que cabe explicitar. Y, tercero, la incorporación de la noción de macrosistema técnico por parte de Santos se realiza en el entorno interpretativo del sistema técnico actual. Ello suscita preguntas acerca de sus trayectorias históricas y relaciones de actualidad. No hay dudas de que son estructuras que han cumplido un papel decisivo en la creación del medio técnico-científico informacional, pero es necesario clarificar, visto del lado inverso, si las actividades a las cuales hacen referencia los GSTs (comunicaciones, transporte, energía, etc.) deben ser siempre y unívocamente definidas según estas formas de organización social de las técnicas particulares, incluso en el entramado del sistema hegemónico. Las páginas que siguen discurren por distintas perspectivas conceptuales, intentando dar respuesta a los puntos observados, para hacer del GST en sí mismo un objeto de estudio geográfico.

El concepto de gran sistema técnico

Los orígenes del concepto de “gran sistema técnico” se remontan a la obra del historiador estadounidense Thomas Park Hughes *Networks of power*, publicada en 1983 y dedicada a examinar los cambios tecnológicos y organizativos que acontecen en la red eléctrica de los Estados Unidos, Alemania e Inglaterra durante el período comprendido entre 1880 y 1930. El autor empleará la noción del “gran sistema tecnológico” (*large technological system*) para referirse a aquellos sistemas de infraestructura de gran escala utilizados en el suministro de bienes y servicios (transporte, producción-transmisión-distribución de electricidad y gas, comunicaciones, agua potable, etc.) que caracterizan la complejidad funcional de la sociedad moderna y que de forma creciente estructuran el ambiente construido: un GST está constituido por componentes técnicos e institucionales interconectados por una red, que suelen estar centralmente controlados con la finalidad de optimizar el rendimiento y orientarlo hacia el logro de objetivos (Hughes, 1983: 5-6). Los GSTs tienen una dinámica interna, determinada por los caracteres intrínsecos del desarrollo tecnológico, y son, a la vez, artefactos culturales, razón por la cual debe prestarse atención también a los recursos cambiantes y aspiraciones de los individuos, grupos y organizaciones que los construyen. La interacción entre lo técnico y lo social lleva a Hughes a calificar a los GSTs como sistemas sociotécnicos y heterogéneos (*ibid.*). La conceptualización se completa con una serie de propiedades comunes a los enfoques de sistemas: orden jerárquico, interacción de los componentes, apertura, relaciones de dependencia sistema/entorno, delimitación sistémi-

ca mediante los alcances del control y tendencia a incorporar el entorno en su interior para eliminar fuentes de incertidumbre⁵.

La propuesta de una explicación histórica alrededor de la interacción de sendos dominios –social y técnico– y, por lo tanto, contraria a las posturas deterministas (tanto tecnológica como histórico-social), le dio una novedosa impronta al enfoque de Hughes, ejerciendo notable influencia en investigadores de Europa occidental y Estados Unidos (Mayntz y Hughes, op.cit.; Aibar, 1996; Zachary, 2014). Unos pocos años después, en un trabajo publicado en 1987⁶, que conserva las líneas generales de *Networks...*, Hughes señalará que: un (gran) sistema tecnológico se orienta a la resolución de problemas complejos, relacionados en su mayor parte con el reordenamiento del mundo físico, de modos que se consideran útiles o deseables, y que alcanza sus metas utilizando medios disponibles y apropiados (2008: 105). En relación a sus partes, detalla que un GST incluiría: componentes técnicos (físicos), organizaciones, “artefactos legislativos”, componentes científicos (libros, investigaciones, etc.) y recursos naturales (101). La presencia de lo natural, en la forma de recursos o materia prima, no es inquirida por Hughes, que mantiene la representación de la heterogeneidad (de “sustancias”) en la división social/técnico. Aunque la cuestión no se explicita, la división analítica que practica sugiere que es válido considerar a la naturaleza, objeto del reordenamiento social del mundo físico, en el dominio de lo técnico⁷.

Al esbozar una breve génesis conceptual, Renate Mayntz ofrece una pista para despejar dudas sobre el sentido de la técnica y la composición del GST, ya que defiende que éste debe ser considerado como un sistema sociotécnico al estilo de Emery y Trist (Mayntz, 2009)⁸. Según Eric Trist,

- 5 El enfoque sistémico de Thomas Hughes fue criticado por su empleo “metafórico” (Joerges, 1999) y “pragmático” (Barnes, 1984; Callon, 1998) de la noción de sistema. Hughes reconoce esa debilidad y afirma que su concepto es “más útil para los historiadores”, en comparación con el aplicado por otros científicos (Hughes, 2008: 101).
- 6 Nos referimos a *The Evolution of Large Technological Systems*, capítulo publicado en el libro coeditado por Bijker, Hughes y Pinch, *The social construction of technological systems*. Aquí utilizamos paginación de la versión traducida al español, publicada por la Universidad Nacional de Quilmes en 2008.
- 7 Que en el desglose de elementos se enlisten los recursos naturales es un dato que deseamos ponderar, ya que suele pasar desapercibido en las reseñas y discusiones. Por ejemplo, Fox (1996) comenta que los sistemas tecnológicos de Hughes incluyen realidades heterogéneas tales como “organizaciones humanas” y “artefactos técnicos”, y Erik van der Vleuten (2004) dice que las publicaciones canónicas sobre GSTs reclaman exactamente la interacción entre la “tecnología” y la “sociedad” en su dominio de estudio. A menos que se expliciten las posiciones, “artefactos” y “tecnología” son denominaciones que no necesariamente interpelan a la técnica como una realidad híbrida.
- 8 Emery y Trist acuñaron la expresión “sistema sociotécnico” en el contexto de los estudios laborales industriales que se llevan a cabo en el Instituto Tavistock de Londres a fines de los años cincuenta (Ropohl, 1999).

los sistemas sociotécnicos vinculan un subsistema humano y un subsistema no humano para transformar sus inputs en outputs, dependiendo para ello fundamentalmente de tecnología y de recursos materiales (Trist, 1981). Ambos subsistemas en interacción constituyen el medio de la transformación. En ese proceso, lo humano participa como sujeto y medio de transformación, proveyendo trabajo organizado, mientras que la tecnología y los recursos materiales, tanto naturales como artificiales, formando el subsistema no humano, o simplemente técnico, lo hacen como objeto y medio, esto es, la materia a manipular y los instrumentos del trabajo.

Una definición complementaria a la de Hughes, la aporta Bernward Joerges, quien define al GST como “sistemas de maquinarias y estructuras independientes que realizan complejas operaciones de estandarización, más o menos fiable y predeciblemente, por el hecho de estar integradas con otros procesos sociales y que son gestionados y legitimados mediante una racionalidad formal, intensiva en conocimiento e impersonal” (Joerges, 1988: 23-24). También dice que los GSTs son:

sistemas complejos y heterogéneos de estructuras físicas y maquinarias complejas que están materialmente integrados, o “acoplados”, a través de grandes extensiones de espacio y tiempo; independientemente de las particularidades culturales, políticas, económicas y corporativas; y que sostienen el funcionamiento de un gran número de otros sistemas técnicos, cuya organización, de esa forma, queda ligada (Joerges, 1988: 24).

Dependencia y riesgo

La casi totalidad de procesos y prácticas de las sociedades modernas depende del funcionamiento continuo de los GSTs. Ante pérdidas de capacidad o interrupciones del suministro, los GSTs se convierten en “objetos de la ansiedad pública” (La Porte, 1988: 241). Langdon Winner describió esa situación crítica utilizando el término médico “apraxia”: “Si un vínculo importante en un sistema técnico deja de funcionar, todo el sistema se detiene o se convierte en un caos. (...) En redes técnicas de gran escala integradas por componentes artificiales con complejas interconexiones e interdependencias, la apraxia es un peligro constante” (Winner, 1978: 186). En el funcionamiento normal de la sociedad, la dependencia hacia los GSTs entraña un riesgo de desadaptación o suspensión de la actividad habitual que tiende a ser sobrellevado cada vez más mediante el perfeccionamiento del control y la creciente absorción de la contingencia, sin que ello sugiera una total eliminación del riesgo de fallas, enfrentado en su manejo a limitantes de variada índole (au-

sencia de innovación y desarrollo tecnológico, desproporción costo-beneficio, imprevisibilidad, etc.). De ahí que no siempre sea plausible hablar de una correlación directa, en un sentido funcional, entre dependencia y riesgo. Por otra parte, sí es lícito conjeturar que los GSTs son las principales formas de intermediación en el metabolismo sociedad-naturaleza y que por ello están íntimamente ligados a los mayores impactos y desajustes ecológicos de la era moderna-industrial y a la producción de los mayores riesgos ambientales.

Gran escala y variedad de GSTs

El acoplamiento material que permite la interconexión y la interdependencia es la estructura en red, típica de la morfología originaria de los GSTs. La alta penetración que han venido experimentando los servicios de infraestructura en red desde finales del siglo XIX, es el fenómeno por el cual Hughes atribuye una “gran escala”. Pero la gran escala, o “gigantismo” (Gras, 1993a), no sólo consiste en una cualidad física del tamaño de los artefactos. Es también un criterio a partir del cual pueden inferirse relaciones de organización inherentes a la inserción de los GSTs en el medio geográfico, ya que a medida que éstos se expanden hasta un nivel casi global, sus estructuras de producción se descentralizan, su propiedad se fragmenta y se exigen una coordinación creciente y una concentración de la regulación (Mayntz, *op.cit.*, Linares, 2008).

El constante incremento de complejidad y tecnificación de las sociedades se ve reflejado en la innovación y el desarrollo de las estructuras sociotécnicas. Los GSTs de Hughes acapararon primordialmente la atención de los estudiosos, pero la historia social de la técnica impone el reconocimiento de los nuevos ensambles. Joerges afinó la óptica y avanzó en la tipología de los GSTs para su adecuada aprehensión. Según un criterio de habilitación de funciones, identifica GSTs de primer orden, “sistemas de infraestructura que poseen un objetivo abierto” (suministro eléctrico y de gas, ferrocarril, etc.), y GSTs de segundo orden, aquellas “superestructuras intersistémicas que reagrupan partes de sistemas de primer orden para realizar una tarea en particular”, que ejemplifica con las múltiples actividades coaligadas en el trasplante de órganos (Joerges, 1995: 44). Esta división repercute en la forma de coordinación del GST. Offner (1996: 28) discute el supuesto de la universalización del control centralizado en los GSTs y señala que esta modalidad únicamente le corresponde a los GSTs de primer orden, mientras que los de segundo orden funcionan de forma descentralizada, mediante la combinación de ajustes locales. Joerges aplica un criterio

basado en la inserción social de la técnica y separa entre “grandes redes técnicas” (GRT) y “grandes programas tecnológicos” (GPT). Las GRTs son estructuras que conectan a operadores, controladores y usuarios, son análogas a los GSTs de Hughes; los GPTs –en la línea de la Big Science o Big Technology–, son sistemas pre-infraestructurales orientados cuasi-experimentalmente hacia objetivos técnicos, políticos y económicos (1996: 5). La apertura hacia otras configuraciones de los GSTs ensancha la visión, pero no está exenta de controversias acerca de los alcances del concepto. Mientras hay un amplio consenso alrededor de la clasificación basada en el criterio de utilización de una red física (Robert, 2004; Mayntz, 2009), la inclusión de ciertos sistemas específicos ha sido duramente criticada (Gras et al., 1990)⁹. Más allá de los resultados de la categorización, es interesante cotejar que los procesos de innovación y desarrollo tecnológico y la interrelación de funciones que hacen a la vida colectiva, sugieren la actualización de los GSTs, de la especificidad de sus aspectos y de la heterogeneidad de las formas socio-técnicas a las que dan lugar en la creación del medio técnico-científico-informacional.

El esquema evolutivo de Hughes en diálogo con la perspectiva de Milton Santos

A partir del estudio histórico de la red eléctrica, Hughes construyó un esquema de la evolución de los GSTs¹⁰. Según este modelo, esa historia puede ser descrita según fases demarcadas por el predominio de alguna de las siguientes actividades: invención, desarrollo, innovación, transferencia, crecimiento, competencia, consolidación. Cuando los sistemas maduran, adquieren estilo y momentum. Después de algún tiempo, ingresan en un período de declinación. Las fases no son secuenciales, existen solapamientos y retrocesos y se ordenan según el “constructor de sistemas” más activo como ejecutor de las decisiones que deben tomarse para resolver problemas originados por el crecimiento.

Estas fases o patrones de evolución pueden asistir al método de la Geografía en el reconocimiento y abordaje de los sistemas de objetos y sistemas de acciones que integran los GSTs. Las invenciones radicales son acciones que originan procedimientos y artefactos que inauguran un nuevo sistema técni-

9 Gras et al. (1990) rechazan la transgresión de límites conceptuales del GST que efectuaron estudiosos franceses al considerar al conjunto de actividades que integran el trasplante de órganos en tales términos.

10 Para la descripción del modelo evolutivo del GST nos basamos en Hughes (1983 y 2008).

co. En el desarrollo, el carácter social de la tecnología deviene transparente, los nuevos objetos se adecuan al mundo que habrá de usarlos, y a través de la forma y el contenido técnico, asimilan aspectos culturales, económicos y políticos. El diseño de un proceso de producción y consumo estructurado en torno a la inserción social y espacial de los objetos técnicos producto de la invención radical se vincula con la innovación, es la implementación en extenso del novedoso GST propiamente tal. Junto a la prefiguración del diseño que inducen las propiedades de la técnica particular en la organización del proceso de trabajo, surgen rasgos genéricos de configuración territorial y reglas de funcionamiento más o menos normalizadas. A menudo, la expansión del GST hace aparecer dificultades cuando es transferido a otro entorno. La transferencia exige acciones destinadas a la adaptación del sistema técnico al entorno extraño, compuesto por los sistemas de objetos y de acciones pre-existentes y sus normas asociadas. La adaptación consagra un estilo del GST, que es entendido de la misma manera que en el arte o la arquitectura. Las fases de crecimiento, competencia y consolidación son abordadas de forma conjunta por Hughes por medio de los conceptos de factor de carga, “*reverse salient*” y “*momentum*”¹¹. El factor de carga (razón entre promedio de producción real y máximo de producción teórica), de uso corriente en la economía de los sectores de infraestructura, es, tal vez –según Hughes–, la mayor explicación para el crecimiento de los GSTs, ya que a través de la curva de carga (distribución de la carga en el tiempo) se hace fiable la estimación del retorno de la inversión en áreas intensivas en capital. Nos ocupamos de los dos últimos conceptos del esquema en el siguiente apartado.

La inercia dinámica de la forma espacial: reverse salient, rugosidad y momentum

El crecimiento lleva a los GSTs a producir *reverse salient*. Hughes utiliza esta noción para referirse a problemas críticos que impiden el desarrollo del sistema como un todo. Representan componentes atrasados en la evolución no homogénea del conjunto y que obstaculizan la capacidad del GST para lograr sus objetivos. El retraso es originado por anomalías técnicas u organizacionales, que suelen aparecer como consecuencia de accidentes o

11 El término *reverse salient* fue traducido al español como “saliente reversa” en Hughes (2008), “saliente reverso” en Lander (1992), “reverso saliente” en Jiménez Becerra (2010), “saliente entrante” en Sfez (2005) y “cuña invertida” en Callon (1998). Para el vocablo *momentum*, con excepción de Lander (*op.cit.*), quien lo reemplaza por “momento”, los autores mencionados mantienen la expresión latina. En ambos casos, optamos por preservar las voces originales.

efectos difíciles de contrarrestar a tiempo, que deben ser resueltas mediante la invención y la innovación. La consolidación del GST conduce a la adquisición de *momentum*. Esto significa que el GST posee una enorme masa de componentes técnicos y organizacionales, dirección y metas definidas y velocidad de crecimiento considerable. El *momentum* es la inercia dinámica que le otorga al GST la apariencia de un sistema cerrado a la influencia del entorno y evolucionando según su propia dinámica interna. El *momentum* “tiende a ejercer un determinismo suave sobre otros sistemas, grupos e individuos en la sociedad” (Hughes, 2008: 107). Es el punto de inflexión a partir del cual el movimiento se vuelve irreversible (Gras, 1991: 81) y provoca la ilusión de una tecnología autónoma (Joerges, 1988). Entre los factores que añaden *momentum*, Hughes reconoce: empresas, fabricantes, centros de investigación, sociedades científicas, conocimientos, bancos, intereses, costos y durabilidad de los artefactos capital-intensivos. Joerges (1988: 14) opina que el *momentum* distinguiría a los GSTs de otros tipos de sistemas técnicos.

Estas nociones de Hughes poseen un alto valor heurístico para la comprensión de la historia de los GSTs. Pero, más allá de la estricta circunscripción al abordaje de los sistemas técnicos, hay puntos de especial interés para la teoría geográfica. Milton Santos interiorizó en su discurso la noción de *reverse salient* para argumentar sobre la desigual difusión de las técnicas en la producción del espacio y la formación de situaciones en un lugar dado a partir de la combinación de técnicas de diferentes edades (Santos, 2000: 38). Santos encuentra afinidad entre esta noción de *reverse salient* y la suya propia de “rugosidad” (*ibid.*), que designa “lo que permanece del pasado como forma, espacio construido, paisaje, lo que resta del proceso de supresión, acumulación, superposición, a través del cual las cosas se sustituyen y acumulan en todos los lugares” (Santos, 2000: 118). No hay en esta asociación una equivalencia plena, ya que la *reverse salient* pone el foco sobre problemas que atañen al crecimiento del GST de acuerdo con valores intrínsecos de la técnica, mientras que en el análisis del espacio geográfico los valores y los significados de los objetos y las acciones sólo se restituyen a través de sus relaciones de conjunto, para cada lugar y cada momento. Como las rugosidades remiten a las formas heredadas y durables del espacio construido, cristalizaciones de divisiones del trabajo pasadas que condicionan las divisiones por venir y dirigen la práctica humana, Santos considera que operan como “una parte de ese espacio-factor” que ejerce una “inercia dinámica” sobre la totalidad social (*ibid.*). La inercia dinámica del espacio (o “inercia espacial”) explica la “reproducción del patrón espacial” y “de las principales líneas de fuerza” (Santos, 1990: 147).

Ahora bien, frente a la utilización de la noción de *reverse salient*, hay una llamativa ausencia del concepto de *momentum*, que, de acuerdo con los lineamientos teóricos que sustentan el momento activo del espacio socialmente producido, sugeriría una pertinencia incluso mayor que aquella. Más aún, notándose que, al igual que hace Santos respecto de las rugosidades, Hughes define al *momentum* por medio de la inercia dinámica, propiedad que no asigna a la *reverse salient*. Por las razones enunciadas, el *momentum* puede reconocerse como una de las más poderosas fuerzas de propagación de las formas espaciales en el tiempo y de difusión del tiempo social a través del espacio construido. Puesto en otros términos igualmente miltonianos, el *momentum* es una importante condición contribuyente en la explicación de la perpetuación de las formas concretas de artificialización del medio geográfico, del hecho de que el *territorio sea usado* según formas predeterminadas por los GSTs¹².

Fases de difusión espacial del GST de Hughes

Las fases evolutivas identificadas por Hughes tienen correlato espacial. Según Monstadt y Naumann (2005), pueden homologarse, entonces, como fases de difusión espacial del GST. Nos guiaremos por la interpretación de estos autores para caracterizar las formas resultantes de inscripción territorial de los GSTs, y su relación con el medio geográfico que los acoge y que ayudan a conformar en un medio técnico-científico-informacional a lo largo de su evolución histórica.

Durante las fases de invención, desarrollo e innovación, la difusión del sistema técnico queda limitada a ciertos centros urbanos y subespacios urbanos con condiciones favorables de demanda; por ejemplo, las zonas industriales. Se instalan como sistemas descentralizados, insulares, de carácter local, confinado a un grupo social con capacidad de acceso. La transferencia significa que el sistema técnico comienza a usarse en otras regiones urbanas, lo que sucede a través de la adaptación al medio geográfico receptor, que resulta en la formación de un estilo tecnológico regional. La transferencia posibilita la reducción de costos y la maximización de efectos útiles por medio de la interconexión de las redes técnicas menores con las mayores y el surgimiento de economías de escala. Las fases de competencia y crecimiento están vinculadas al incremento de rentabilidad de las nuevas técnicas y la expansión del mercado. La acción empresarial

12 Escribió Santos: "Es el uso del territorio, y no el territorio en sí mismo, el objeto del análisis social." (Santos, 1996: 123). Así, acuña la expresión "territorio usado" como sinónimo de espacio humano, espacio habitado (p.124).

privada es la protagonista de una feroz lucha económica por la conquista de la provisión de usuarios lucrativos y áreas rentables. La competencia se realiza, por un lado, entre los actores del nuevo sistema técnico y, por el otro, entre éstos y los constructores de sistemas técnicos tradicionales. Pero incluso con la rápida difusión que estimula la competencia, amplias zonas (rurales, periféricas) se mantienen desconectadas del suministro.

Hasta aquí, el planteamiento espacial de Monstadt y Naumann sigue fielmente el esquema de Hughes. La última fase del esquema, la consolidación, es emparentada y tratada simultáneamente con la “universalización”, lo que deja traslucir aspectos de las especificidades geohistóricas de los GSTs de los países industriales. La universalización del sistema técnico, el nivel de expansión que posibilita la conexión y el acceso de todos los estratos sociales al suministro, se deriva de la acción política de reconocimiento del interés general que conlleva y de la institucionalización del servicio público. Dado que existen elevados costos a solventar y derechos que instaurar, la universalización sólo se consigue con la intervención estatal. Por consiguiente, un GST consolidado cubre la mayoría, sino la totalidad, del territorio de un país. Y tomados en conjunto, los GSTs crean “la geografía artificial de la Nación-red” (van der Vleuten, 2004).

El análisis de la difusión espacial de los GSTs concluye con la consideración de las tendencias actuales. Éstas remiten a las transformaciones que se promueven en la totalidad de los servicios de infraestructura a nivel global desde la década de 1980. Las reformas de liberalización y privatización en los mercados de estos servicios esenciales impulsan la reintroducción de la competencia. Las grandes redes técnicas se expanden y atraviesan las fronteras nacionales como parte de un proceso de internacionalización de las empresas y de las regulaciones de los servicios de infraestructura.

El macrosistema técnico y la construcción del espacio-tiempo

“Macrosistema técnico” es el término específico de la conceptualización del GST que Milton Santos incorpora en su caracterización del sistema técnico actual y que, como dijimos, amerita una revisión a la luz del sentido que le confiere Alain Gras. Este autor acuña la noción de “macrosistema técnico” (“*macro-système technique*”) (MST) con el propósito de explicitar un determinado sentido histórico de las redes técnicas, cuya ubicuidad y funcionamiento revela unas formas novedosas de ejercicio del poder que los han convertido en “verdaderos instrumentos de conquista social” (Gras,

1993a: 2). Los MSTs forman parte de la infraestructura “invisible y subterránea” de la vida cotidiana, profundamente arraigados en las prácticas humanas contemporáneas (Gras, 1997: 3). La fuerte dependencia que la sociedad tienen de ellos produce consecuencias muy significativas: normalización del equipamiento, automatización, homogeneización del comportamiento, formalización de relaciones con las máquinas y entre los hombres y desconocimiento generalizado de su funcionamiento y su inscripción territorial (Gras, 1993a: 2). Pero, así como traen comodidad e innumerables beneficios, la dependencia de los MSTs, que vuelve cautivos de éstos a los ciudadanos, cuestiona la legitimidad de los valores de soberanía y libertad individual que rigen en un Estado democrático (Gras, 1997: 5). El MST es un ensamble de objetos y acciones eminentemente político.

En relación a sus aspectos formales, la composición y la estructura del MST son semejantes a las del GST de Hughes, dado que combina: i) un objeto industrial, en el sentido más amplio (como la central nuclear); ii) una organización de la distribución de flujos (para tomar el mismo ejemplo: la red eléctrica); y iii) una empresa de gestión comercial para vincular la oferta con la demanda (Gras, 1997: 4). La trama espacial del MST está hecha de: líneas que forman un espacio discontinuo y se intersectan en los nodos de las mallas, flujos (desplazamiento de objetos reales o virtuales) que recorren esas líneas y enlazan centros de emisión y de recepción y también centros de almacenamiento situados en las propias líneas, el espacio de otros sistemas que se superponen y conectan en particulares puntos o lugares que juegan el rol de “intercambiadores” y suelen llamarse “interfaces” (Gras, 1993b: 136). Desde el punto de vista del papel que cumplen en la sociedad, los MSTs son estructuras que: a) transportan personas, señales o energía en todos los puntos de su espacio; b) forman parte de un juego político a la vez externo (crean un nicho social que induce nuevos comportamientos) e interno (incentivan la competencia entre grupos en el marco de la gestión del servicio) y c) unen una red informacional con la red articulada en torno a un objeto técnico que constituye su razón de ser (1997: 33).

Para diferenciar al MST de otros tipos de redes, Alain Gras pone el acento en “la novedad radical” introducida por un “modo de gestión de los flujos (...) donde el control es a la vez indirecto y centralizado, es decir, des-localizado desde el punto de vista de la unidad del flujo” (1993b: 16). En la noción del MST se omiten las modalidades alternativas de control y coordinación a cuya pluralidad se abren otros enfoques teóricos del GST. Las tecnologías avanzadas de comunicación son decisivas en la configuración del MST, porque la deslocalización sólo puede operar a través de la “instantaneidad o la rapidez extrema en el contacto de las partes” (Gras, 1993b: 138). El progreso

de las tecnologías informáticas y de comunicación van perfeccionando al MST, acercándolo al “ideal de un sistema que está siempre presente a sí mismo en cada punto de la red y en cada momento” (*ibíd.*).

A través de la red, el cuerpo de estas gigantescas estructuras, el MST instituye un territorio que le es propio y crea un espacio-tiempo específico (Gras, 1997: 4). La construcción de un particular espacio-tiempo va de la mano de la inmediatez en la circulación de la información como el imperativo sistémico para un control centralizado e indirecto. Ese espacio-red definido por el MST es simultáneamente real y virtual. Gras recurre al ejemplo de la aeronáutica para explicar esta doble dimensionalidad, donde las formas y las distancias reales entre puntos del espacio geográfico se conjugan con los espacios virtuales que deben controlarse instrumentalmente para un funcionamiento correcto del sistema (Gras, 1993b: 183-185). De este modo, Gras asegura que en el espacio del MST, debido al efecto de la extrema racionalización del control, “el mapa es el territorio” (p.185). Lo que se impone en el MST es la representación de un mundo en el que la red obliga a pensar lo que está conectado como “moderno” y lo desconectado como “anticuado”, al punto de afirmar como “vacío” al espacio intersticial que subsiste en las mallas y que “desaparece como realidad histórica” (Gras, 2001: 7). Esta situación no es privativa de la aeronáutica, sino que, en menor o mayor medida, se replica en toda la variedad de los MSTs. Por medio de las formas de acción que el MST impone al conjunto de la sociedad, se demuestra que el nacimiento de la idea de red, por lo tanto, fue más importante que la existencia de la red misma (Gras, 1997). Las necesidades del control cada más efectivo, hacen aparecer nuevas cualidades del MST: “transparencia” para visualizar lo que hay en la red; “vigilancia generalizada”, como norma regulatoria que acostumbra a los individuos a vivir como “ciudadanos del MST”, “estandarización” y “normalización”, como contrapartida político-tecnológica de la creación del espacio artificial del poder y “seguridad”, como un principio de precaución que sirve incluso para justificar la violación de la privacidad (Gras, 2001: 8-9).

Conclusión

La epistemología de Milton Santos reconoce la centralidad de la técnica en el abordaje del espacio geográfico como una de sus categorías internas de análisis. En esta opción teórica, el sistema técnico *es* él mismo espacio, un híbrido de objetos y acciones integrados para cumplir funciones y objetivos imbuidos por el movimiento solidario y contradictorio de la totalidad social. No hay necesidad, por ello, de buscar un *algo* de naturaleza geográ-

fica diferenciada en el mismo sistema técnico. Así, pueden licuarse las exigencias de Bernward Joerges de “reterritorializar” la investigación de los GSTs, puesto que en las narrativas de esta esfera temática el espacio es uno de los tópicos que representa “lo no contado” (Joerges, 1999: 19-22). Una vez postulado el GST como pieza constitutiva del medio geográfico, ya sea que su realidad espacial individual esté confinada en una red o en otras arquitecturas, son las posturas conceptuales particulares las que delimitan las propiedades y relaciones sociotécnicas que posibilitan el acceso a su conocimiento y que deben articularse en la teoría del espacio propuesta.

Para realizar la integración de elementos provenientes de distintas posturas, el análisis emprendido procuró minimizar la carga de significado atribuido a la variable “espacio” tal como es interpretado, elaborado y enunciado por autores del GST, para, en cambio, releer, identificar e incorporar los aportes que hemos considerado pertinentes siguiendo los lineamientos generales del basamento teórico de Milton Santos. Desde el inicio, hay una evidente familiaridad entre el abordaje geográfico mediante objetos y acciones y la idea de unidad sociotécnica adoptada en todas las posturas del GST. Pero en las trayectorias que describe cada conceptualización se reconocen inclinaciones hacia el tratamiento de distintos fenómenos, procesos y problemas espaciales: producción y diversificación del entorno físico, del riesgo y la dependencia, a partir del crecimiento y funcionamiento de los GSTs (Hughes, Joerges, Gras); fases de difusión espacial del GST (Monstadt y Naumann); construcción del espacio-tiempo específico del MST y de su significación político-ideológica en la vida moderna (Gras). Debemos resaltar, aquí, la colaboración que el concepto de *momentum* de Hughes puede prestar a la teoría del espacio de Santos. La confluencia de estos elementos enriquece el marco conceptual y traza rumbos de investigación empírica fructíferos tanto para las geografías sectoriales (del transporte, de la energía, de los servicios, etc.), donde, por razones obvias, el GST es una unidad de análisis privilegiada, como para su interpelación en otras divisiones y regiones discursivas de la ciencia geográfica toda.

En cuanto a la caracterización de las tendencias del sistema técnico actual, que motivaron el interés de Milton Santos por el macrosistema técnico, debemos agregar algunos comentarios. Los GSTs son formas dominantes de organización sociotécnica de la época contemporánea y las fuerzas sintetizadas en el *momentum* anunciarían que seguirán siéndolo por un largo tiempo. Sin embargo, en el mundo de hoy la modalidad del GST coexiste con formas alternativas de organización de los suministros y servicios básicos. Gras (2005) se pregunta por la desconexión de los MSTs y las tentativas de construcción de “sistemas técnicos a escala humana” y Hughes

detecta una transición de los GSTs hacia “sistemas técnicos posmodernos”, caracterizados por escalas menores, participación pública y apertura en la toma de decisiones (en Zachary, *op.cit.*, p.107). Es necesario saber si estas tendencias no macrosistémicas que francamente ganan terreno en la estructuración de la vida colectiva se erigen como verdaderas opciones para una acción política contrahegemónica y emancipatoria o si, por el contrario, asistimos a una renovación de los lazos de dependencia, de los mecanismos de alienación y de las formas del riesgo, entre otras cuestiones.

Todo lo dicho abre un camino fecundo para la Geografía latinoamericana. Al margen de las aproximaciones teóricas fundacionales de Milton Santos, en este campo disciplinar situado todavía existen muy escasos vínculos con la conceptualización del GST, pese a la indudable relevancia de los tópicos que surcan todo su espectro temático y que, desde luego, han sido y son enfocados desde otras perspectivas teóricas afines. Creemos de especial interés promover la configuración de una visión latinoamericana del GST, orientando las preguntas hacia la especificidad geohistórica y cultural de la región: dar cuenta de las particularidades de las situaciones, procesos y patrones de estructuración, funcionamiento y desarrollo de los grandes sistemas técnicos a partir de considerar el conjunto de condiciones, vicisitudes y limitaciones de la dependencia y del subdesarrollo derivados de la inserción periférica de los países latinoamericanos en el “sistema-mundo moderno” (Wallerstein, 2005).

Bibliografía

- AIBAR, E. (1996). “La vida social de las máquinas: orígenes, desarrollo y perspectivas actuales en la sociología de la tecnología” en *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, núm. 76, 141-170.
- BARNES, B (1984). “Review of Networks of power” en *Social Studies of Science*, núm. 14, 309-314.
- CALLON, M. (1998). “El proceso de construcción de la sociedad. El estudio de la tecnología como herramienta para el análisis sociológico” en Domènech, M. y Tirado, F. *Sociología simétrica. Ensayos sobre ciencia, tecnología y sociedad*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- FOX, R. (1996). “Towards a History of Technological Thought” en Fox, R. *Technological change. Methods and themes in the history of technology*. London: Harwood Academic Publishers.
- GRAS, A. (1993a). “Dépendance des grands systèmes techniques et choix énergétiques” en *Symposium International Énergie et société*, Paris, 13-17 décembre.
- GRAS, A. (1993b). *Grandeur et dépendance. Sociologie des macro-systèmes techniques*. Paris: Presses Universitaires de France.
- GRAS, A. (1997). *Les macro-systèmes techniques*. Paris: Presses Universitaires de France.

- GRAS, A. (2001). "Phénoménologie des réseaux et anthropologie de la dépendance de l'homme moderne dans les macro-systèmes techniques" en Parrochia, D., *Penser les réseaux*. Seyssel: Champ Vallon.
- GRAS, A. (2005). "Comment se débrancher des macro-systèmes?" Mouvement Québécois pour une Décroissance Conviviale, disponible en: <http://www.decroissance.qc.ca> [Fecha de consulta: 14/06/16].
- HUGHES, T. (1983). *Networks of power. Electrification in Western Society, 1880-1930*. London: The Johns Hopkins University Press.
- HUGHES, T. (2008). "La evolución de los grandes sistemas tecnológicos" en Thomas, H. y Buch, A., *Actos, actores y artefactos. Sociología de la tecnología*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- JIMÉNEZ BECERRA, J. (2010). "Origen y desarrollo de los estudios CTS y su perspectiva en América Latina" en Mancero, M. y Polo, R., *Ciencia, política y poder. Debates contemporáneos desde Ecuador*. Quito: FLACSO, Sede Ecuador.
- JOERGES, B. (1988). "Large technical systems: concept and issues" en Mayntz, R. y Hughes, T., *The development of large technical systems*. Colorado: Westview Press.
- JOERGES, B. (1995). "Technique sans frontières" en *Flux*, n° 20, pp. 40-45.
- JOERGES, B. (1996). "Large technical systems and the discourse of complexity" en Lars I., *Complex Technical Systems*. Stockholm: Swedish Council for Planning and Coordination Research.
- JOERGES, B. (1999). "High variability discourse in the history and sociology of large technical systems" en Coutard, O., *The Governance of Large Technical Systems*. London: Routledge.
- LANDER, E. (1992). *La ciencia y la tecnología como asuntos políticos. Límites de la democracia en la sociedad tecnológica*. Caracas: Editorial Nueva Sociedad.
- LA PORTE, T. (1988). "The United States Air Traffic System: increasing reliability in the midst of rapid growth" en Mayntz, R. y Hughes, T., *The development of large technical systems*. Colorado: Westview Press.
- LINARES, J. E. (2008). *Ética y mundo tecnológico*. México: Universidad Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica.
- MAYNTZ, R. y HUGHES, T. (1988). "Foreword" en Mayntz, R. y Hughes, T., *The development of large technical systems*. Colorado: Westview Press.
- MAYNTZ, R. (2009). "The changing governance of large technical infrastructure systems" en Mayntz, R., *Über Governance: Institutionen und Prozesse politischer Regelung*. Frankfurt: Campus.
- MONSTADT, J. y NAUMANN, M. (2005). *New geographies of infrastructural systems. Spatial science perspectives and the socio-technical change of energy and water supply systems in Germany*. Berlin: Networks Research Association.
- ROBERT, P. (1999). "Vers une déstabilisation des macro-systèmes techniques? Le travail des technologies de l'information et de la Communications" en *Flux*, n° 36-37.
- ROBERT, P. (2004). "La typologie des macro-systèmes techniques au miroir des technologies de l'information et de la Communications" en *Flux*, n° 55.
- ROPOHL, G. (1999). "Philosophy of socio-technical Systems" en *Society for Philosophy and Technology*, nro. 3, vol. 4.
- SANTOS, M. (1986). "Espacio y método" en *Geocrítica*, Año XII, Número 65.
- SANTOS, M. (1990). *Por una geografía nueva*. Madrid: Espasa-Calpe.
- SANTOS, M. (1994). *Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico-informacional*. São Paulo: HUCITEC.
- SANTOS, M. (1995). *Metamorfosis del espacio habitado*. Barcelona: Oikos-Tau.
- SANTOS, M. (1996). *De la totalidad al lugar*. Barcelona: Oikos-tau.
- SANTOS, M. (2000). *La naturaleza del espacio. Técnica y tiempo. Razón y emoción*. Barcelona: Editorial Ariel.
- SFEZ, Lucien (2005). *Técnica e ideología. Un juego de poder*. México: Siglo XXI editores.
- TRIST, E. (1981). "The evolution of socio-technical systems. A conceptual framework and an action research program" en *Occasional paper*, nro. 2, Toronto: Ontario Ministry of Labour, Ontario Quality of Working Life Centre.
- VAN DER VLEUTEN, E. (2004). "Introduction: Networking Technology, Networking Society, Networking Nature" en *History and Technology*, vol. 20, nro. 3.

- WALLERSTEIN, I. M. (2005). *Análisis de sistemas-mundo. Una introducción*. México: Siglo XXI editores.
- WINNER, L. (1978). *Autonomous Technology. Technics-out-of-Control as a Theme in Political Thought*. Massachusetts: The MIT Press.
- ZACHARY, P. (2014). "Remembering Thomas P. Hughes" en *The New Atlantis, A Journal of Technology & Society*.