

**ANDRÉS F. VALDERRAMA P.**

ANDRÉS FELIPE VALDERRAMA PINEDA  
UNIVERSIDAD DE AALBORG  
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN  
COPENHAGUE, DINAMARCA  
afvp@plan.aau.dk

**ULRIK JØRGENSEN**

ULRIK JØRGENSEN  
UNIVERSIDAD DE AALBORG  
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN  
COPENHAGUE, DINAMARCA  
uljo@plan.aau.dk

# EL DISEÑO DE SISTEMAS SUSTENTABLES EN LA UNIVERSIDAD DE AALBORG, DINAMARCA

DISEÑA 12 | ENERO 2018 | ISSN: 0718 8447 | ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

RECEPCIÓN: 16 DE NOVIEMBRE 2017 | ACEPTACIÓN: 15 DE DICIEMBRE 2017

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO:

VALDERRAMA PINEDA, A. F., & JØRGENSEN, U. (2018). El diseño de sistemas sustentables en la Universidad de Aalborg, Dinamarca. *Diseña* (12), 126-149. DOI: 10.7764/disena.12.126-149

TRADUCCIÓN: JOSÉ MIGUEL NEIRA

DISEÑA 12 | JANUARY 2018 | ISSN: 0718 8447 | ORIGINAL RESEARCH ARTICLE

RECEPTION: NOVEMBER 16, 2017 | ACCEPTANCE: DECEMBER 15, 2017

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

VALDERRAMA PINEDA, A. F., & JØRGENSEN, U. (2018). Sustainable System Design at Aalborg University, Denmark. *Diseña*, (12), 126-149. DOI: 10.7764/disena.12.126-149

# SUSTAINABLE SYSTEM DESIGN AT AALBORG UNIVERSITY, DENMARK

ANDRÉS FELIPE VALDERRAMA PINEDA  
AALBORG UNIVERSITY  
DEPARTMENT OF PLANNING  
COPENHAGEN, DENMARK  
afvp@plan.aau.dk

ULRIK JØRGENSEN  
AALBORG UNIVERSITY  
DEPARTMENT OF PLANNING  
COPENHAGEN, DENMARK  
uljo@plan.aau.dk

**Andrés Felipe Valderrama Pineda**

Ingeniero Mecánico, Universidad de los Andes (Colombia). Máster en Historia de la Ciencia, Tecnología y Medicina, Imperial College. PhD en Diseño e Innovación, Universidad Técnica de Dinamarca. Profesor Asistente del Departamento de Planificación de la Universidad de Aalborg (Copenhague). Enseña e investiga acerca de diseño con la gente y transiciones sustentables, enfocándose en temas de movilidad. Sus últimas publicaciones son “The Equity Impacts of Bus Rapid Transit: A Review of the Evidence, and Implications for Sustainable Transport” (junto a C. Venter, G. Jennings y D. Hidalgo, *International Journal of Sustainable Transportation* vol. 12, n.º 2) y “Mediators Acting in Urban Transition Processes: Carlsberg City District and Cycle Superhighways” (en *Urban Sustainability Transitions*, Routledge, 2017).

**Ulrik Jørgensen**

Ingeniero Eléctrico, Máster en Ingeniería y PhD en Economía de la Innovación, Universidad Técnica de Dinamarca. Es Profesor en el Departamento de Planificación de la Universidad de Aalborg. Director del Centro de Diseño, Innovación y Transición Sustentable en el campus de la Universidad de Aalborg en Copenhague. Enseña e investiga en el área de los STS, enfocándose en la interrelación entre la sociedad, la tecnología y el medio ambiente. Co-editor de *Engineering Professionalism: Engineering Practices in Work and Education* (con S. Brodersen, Sense Publishers, 2016); y co-autor de “Navigations and governance in the Danish energy transition reflecting changing Arenas of Development, controversies and policy mixes” (con M. Søggaard Jørgensen y J. Stissing Jensen, en *Energy Research & Social Science*, vol. 33).

**Andrés Felipe Valderrama Pineda**

Mechanical Engineer, Universidad de los Andes (Colombia). msc in History of Science, Technology and Medicine, Imperial College. PhD in Design and Innovation, Technical University of Denmark. Assistant Professor, Department of Development and Planning, Aalborg University (Copenhagen). He teaches and researches in design with people, and sustainable transitions with focus on mobility issues. His latest publications are ‘The Equity Impacts of Bus Rapid Transit: A Review of the Evidence, and Implications for Sustainable Transport’ (with C. Venter, G. Jennings, & D. Hidalgo, *International Journal of Sustainable Transportation* vol. 12, N° 2) and ‘Mediators Acting in Urban Transition Processes: Carlsberg City District and Cycle Superhighways’ (in *Urban Sustainability Transitions*, Routledge, 2017).

**Ulrik Jørgensen**

Electronic Engineer, M.Sc. in Engineering and PhD in Innovation Economics, Technical University of Denmark. He is Professor at the Dept. of Planning at Aalborg University. He heads the Center for Design, Innovation and Sustainable Transition at the Aalborg University campus in Copenhagen. Researcher and teacher in the field of STS, working with the interface between society, technology and environment. Co-editor of *Engineering Professionalism: Engineering Practices in Work and Education* (with S. Brodersen, Sense Publishers, 2016); and co-author of ‘Navigations and governance in the Danish energy transition reflecting changing Arenas of Development, controversies and policy mixes’ (with M. Søggaard Jørgensen and J. Stissing Jensen, in *Energy Research & Social Science*, vol. 33).

**Resumen**

En este ensayo analizamos hasta qué punto el conocimiento sobre los STS es necesario, y de qué forma es una contribución, para la resolución de problemas complejos en la ingeniería de diseño. Este análisis se basa en experiencias obtenidas en el programa de Ingeniería de Diseño Sustentable de la Universidad de Aalborg en Dinamarca. Afirmamos que los STS contribuyen de tres formas importantes: apoyando una visión crítica del conocimiento existente, ofreciendo herramientas para considerar las controversias y la delegación de agencia, y reafirmando el diseño como un proceso social.

**Palabras clave:** diseño de sistema, teoría del actor-red, sustentabilidad, STS, Aprendizaje Basado en Proyectos

**Abstract**

In this paper, we discuss to what extent STS knowledge is needed and contributes to complex problem solving in design engineering. We discuss this based on experiences with the program of Sustainable Design Engineering at Aalborg University in Denmark. We claim that STS contributes in three meaningful ways: by supporting a critical view on existing knowledge; by providing tools to take into account controversies and delegation of agency; and by reasserting design as a social process.

**Keywords:** System design, actor-network theory, Sustainability, STS, Project Based Learning

## INTRODUCCIÓN

En el siguiente ensayo presentamos el programa de Ingeniería de Diseño Sustentable de la Universidad de Aalborg en Copenhague. Los profesores de este programa de ingeniería hemos buscado la manera de integrar conocimientos sociales y técnicos, los cuales suelen estar separados en las universidades y, especialmente, en los programas de ingeniería. Para lograrlo, los profesores utilizamos activamente las teorías de los STS como elementos integradores en la educación. También analizamos hasta qué punto el conocimiento sobre los STS es útil para el programa. Sostenemos que los STS contribuyen de tres formas significativas: fomentando una postura crítica acerca del conocimiento existente, ofreciendo las herramientas necesarias para documentar las controversias y la delegación de agencias, y, por último, reafirmando el diseño como un proceso social. El ensayo está organizado en cuatro secciones: primero, presentamos el programa; segundo, ofrecemos algunos detalles acerca del quinto semestre; tercero, presentamos un proyecto estudiantil; y, para finalizar, ofrecemos nuestras conclusiones.

## EL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE DISEÑO SUSTENTABLE

Nosotros, los autores de este ensayo, trabajamos en la Universidad de Aalborg, ofreciendo el programa de Ingeniería de Diseño Sustentable. También nos dedicamos a la investigación en el Centro de Diseño e Innovación para Transiciones Sustentables. Estas dos filiações de-

## INTRODUCTION

In this paper we present the program of Sustainable Design Engineering at Aalborg University in Denmark. The teachers of this engineering program have attempted to integrate social and technical knowledges, which are normally separated in universities and especially in engineering programs. To do this, the teachers actively use STS theories as integrative elements in education. We discuss to what extent STS knowledge is useful for the program. We claim that STS contributes in three meaningful ways: by supporting a critical view on existing knowledge; by providing tools to take into account controversies and delegation of agency; and by reasserting design as a social process. The paper is organized in four sections: first, we present the program; second, we provide some details on the fifth semester; third, we present a student project; and fourth, we conclude.

## THE PROGRAM OF SUSTAINABLE DESIGN ENGINEERING

We, the authors of this paper, work at Aalborg University, offering the educational program 'Sustainable Design Engineering'. We are also researchers at the Centre for Design and Innovation for Sustainable Transitions. These two affiliations reveal our normative purposes: we want

SEM	5 ECTS	5 ECTS	5 ECTS	5 ECTS	5 ECTS	5 ECTS
1	Diseño orientado al actor	Procesos de diseño y visualización		Estudios de campo y análisis socio-material	Modelos, mecánica y materiales	
2	Rediseño para la sustentabilidad			Productos, uso y contexto	Dinámicas y vibraciones	Termodinámica
3	Diseño y uso de prototipos			Co-diseño y la participación del usuario	Introducción a la programación	Análisis de señal digital
4	Diseño de sistemas de servicio de productos		Visualización de sistemas	Redes y cambio	Teoría de la ciencia y uso de modelos	Asesoramiento en el ciclo de vida de productos y sistemas
5	Diseño de sistemas sustentables			Sustentabilidad, economía y política	Mecánica de fluidos	Estadísticas aplicadas
6	Proyecto final en diseño sustentable			Liderazgo del proyecto creativo	Desarrollo de concepto estratégico	Recolección de información de fenómenos físicos y materiales

Figura 1: el programa de Ingeniería de Diseño Sustentable del pregrado de la Universidad de Aalborg. En la columna izquierda están los semestres. En las filas, los proyectos tienen el fondo amarillo; los cursos, en fondo blanco, están ubicados al lado derecho. Fuente: Los autores

SEM	5 ECTS	5 ECTS	5 ECTS	5 ECTS	5 ECTS	5 ECTS
1	Actor-oriented Design	Design processes and visualization		Fieldstudies and socio-material analysis	Modells, mechanics and materials	
2	Re-design for sustainability			Products, use and context	Dynamics and vibrations	Thermo-dynamics
3	Design and use of prototypes			Co-design and user involvement	Introduction to programming	Digital signal analysis
4	Design of product service systems		System visualization	Network and change	Science Theory and Use of Models	Life Cycle Assesment of Products and Systems
5	Design of sustainable systems			Sustainability, Economy and Politics	Fluid Mechanics	Applied Statistics
6	Final Project in Sustainable Design			Creative project leadership	Strategic concept development	Information collection on physical and material phenomena

Figure 1: Sustainable Design Engineering undergraduate program at Aalborg University. To the left are the semesters. In the rows, the projects are in bright yellow; the courses are in white background to the right. Source: The Authors.

muestran nuestro propósito principal: queremos fomentar procesos de transición hacia la sustentabilidad a través del diseño. Nuestros esfuerzos enfrentan muchos desafíos relevantes para el contenido analítico de este artículo: en primer lugar, re-incorporar el diseño como un objeto central en la educación de la ingeniería; segundo, asumir con seriedad el reto de la transición a la sustentabilidad, lo que exige cambios sistémicos y paradigmáticos; y, por último, comprender que estos cambios son de naturaleza tecnológica y social. Esto contrasta con la creencia prevalente en las universidades y en la política en general, donde se piensa que los cambios de paradigma que se necesitan son principalmente tecnológicos. Nosotros afirmamos que no se puede abstraer significativamente ningún objeto técnico, o combinación de éstos, de sus implicaciones sociales.

Enfrentamos el primer desafío al organizar el programa académico en torno a proyectos de diseño. Nuestra universidad es una institución donde el aprendizaje basado en proyectos (ABP) está generalizado. Por eso hemos sido capaces de estructurar todo el programa de pregrado en torno a proyectos de diseño (ver Figura 1). En cada semestre (exceptuando el cuarto), la mitad de la carga académica de los estudiantes corresponde a proyectos. Además de esto, los estudiantes toman tres cursos, lo que significa que el proyecto equivale a tres cursos.

El quinto semestre trata el Diseño de Sistemas Sustentables. A través de este proyecto se espera que los alumnos aprendan acerca de las

to support processes of transition towards sustainability through design. Our effort faces several challenges central to the analytical content of this paper: first, that of placing design as the central object of practice in an engineering education; second, that of assuming seriously the challenge of transition to sustainability, which essentially requires paradigmatic systemic changes; and third, understanding that these paradigmatic systemic changes are social and technological in nature. This contrasts the extended belief in universities and general policy that the paradigmatic changes needed are mainly technological by stating that no technical object or combination of these meaningfully can be abstracted from its social implications.

We face the first challenge by organizing the curriculum around design projects. Aalborg University is an institution where Project Based Learning is the general standard. Therefore, we have been able to structure the whole undergraduate program around design projects (see Figure 1). In every semester (except the fourth), half of the academic load for the students is a project. Additionally, students take three courses, which means that the project is equivalent to three courses.

The fifth semester is about Designing Sustainable Systems. Through the project, it is expected that the students learn about systems theories, actor

teorías de sistemas, las configuraciones de actores, los cambios socio-técnicos, la sustentabilidad en soluciones particulares, los métodos de diseño y sus limitaciones, así como acerca del conocimiento técnico de cualquier sistema en el cual decidan enfocarse.

Enfrentamos el desafío de tomar en serio lo que representa la sustentabilidad, y lo hacemos estructurando una progresión que va desde proyectos centrados en el diseño de productos en los primeros tres semestres, hasta un enfoque en el diseño de sistemas durante el quinto semestre, pasando por el diseño de productos de servicio y negocios en el cuarto semestre. Siguiendo los principios del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), éstos son desarrollados por los estudiantes bajo la supervisión de los profesores (Barge, 2010). Las clases magistrales son de apoyo a los proyectos desde un punto de vista teórico y metodológico, y los estudiantes utilizan una buena parte de su tiempo para la adquisición de los conocimientos necesarios para llevar a cabo los análisis y las síntesis que requieren para el desarrollo de un proyecto de diseño. Este es un método de aprendizaje completamente diferente, que genera un fuerte contraste con los paradigmas tradicionales de la enseñanza de la ingeniería, la que suele desarrollarse a través de una infinidad de cursos técnicos desconectados (y unos cuantos cursos de ciencias sociales y humanidades), los cuales se enfocan únicamente en pequeños ejercicios de resolución de problemas, donde los estudiantes aplican ecuaciones matemáticas para encontrar los resultados de-

configurations, socio-technical change, the constitution of sustainability in particular solutions, design methods and their limitations, and technical knowledge on whatever technical systems they decide to focus on.

We tackle the second challenge – that of seriously facing the challenge of sustainability – by structuring a progression from product design centered projects in the first three semesters, to product service and business model design in the fourth semester, to a focus on system design in the fifth semester. In line with Problem and Project Based Learning principles, the projects are developed by the students with supervision by the teaching staff (Barge, 2010). There is only minimal lecturing in relation to the project on theoretical and methodological common issues, and the students use the bulk of the time to accumulate themselves the knowledge they need to perform the analysis and the synthesis needed to develop a design project. This is a completely different way of learning, which stands in sharp contrast to the established paradigm of educating engineers through a multitude of disconnected technical courses (and a few courses in social sciences and the humanities), which focus exclusively on small problem-solving exercises where students apply mathematical equations to find a desired unique result (Dym, Agogino, Eris, Frey, & Leifer, 2005; Lucena, 2003).

seados (Dym, Agogino, Eris, Frey, & Leifer, 2005; Lucena, 2003).

Con respecto al tercer objetivo —el de abordar cambios de paradigmas como desafíos sociales y técnicos—, nosotros tomamos un enfoque sociotécnico como elemento fundamental de nuestra educación, algo que va evolucionando activamente en los proyectos (Bijker, Hughes, & Pinch, 1987). Las teorías sociotécnicas contribuyen al diseño y al desarrollo tecnológico de tres maneras fundamentales. La primera es reconociendo que el conocimiento actual es un constructo social y, por lo tanto, es limitado. Esto abre las posibilidades de preparar a los estudiantes para evaluar el conocimiento existente de manera exhaustiva, permitiéndoles detectar brechas en el mismo e incluso desarrollar nuevo conocimiento (Latour, 1987). La segunda manera es reconociendo que todos los procesos dejan a la luz conflictos y controversias en diferentes niveles. Por lo tanto, llevar a cabo el diseño no sólo implica una aplicación racional y hábil de los métodos de diseño, sino que también requiere la comprensión de las controversias, los conflictos y los desalineamientos entre los elementos que constituyen el conocimiento y la tecnología, así como entre aquellos que intervienen en ellos (Latour, 2005; Storni, 2015). La última manera en que las teorías sociotécnicas contribuyen en el diseño y en el desarrollo tecnológico es que el proceso de producción de tecnología y conocimiento no es esencialmente diferente a ningún otro proceso social; en otras palabras, el hecho de que el diseño se relacione principalmente con la tecnología

And for the third challenge – that of tackling paradigm shifts as social and technical challenges –, we assume a socio-technical approach as a core element of our education, which plays out actively in the projects (Bijker, Hughes & Pinch, 1987). Socio-technical theories contribute to design and technology development in three fundamental ways. The first one is by acknowledging that the current knowledge is socially constructed and therefore limited. This opens up for the possibility of training the students in assessing existing knowledge comprehensively to be able to point out knowledge gaps and even develop new knowledge (Latour, 1987). The second one is acknowledging that all processes exhibit conflicts and controversies at different levels. Therefore, performing design is not about skillful rational application of design methods, it requires understanding controversies, conflicts and misalignments between those who constitute knowledge and technology and those intervening on them (Latour, 2005; Storni, 2015). And the third one is that the process of producing technology and knowledge is not fundamentally different to any other social process. Put in other words, the fact that design deals mainly with technologies does not make it a process that is exempt from politics, and therefore any proposed design solution, a worknet, should be able to exist in the political debate that is going to

no lo desvincula de la política, por lo que cualquier solución de diseño que se proponga, en tanto red de trabajo, debe ser capaz de existir en el debate político que generará (Hansen & Clausen, 2017).

Este enfoque sociotécnico es fundamental porque el desafío de la sustentabilidad exige una postura crítica acerca del conocimiento científico y técnico existente, lo que a su vez requiere una comprensión fundamental de lo que son las ciencias y el conocimiento. La ciencia no es el resultado de una aplicación hábil, delicada, articulada y racional del método científico (Latour, 1987). La ciencia y el conocimiento son el resultado de un proceso social elaborado donde se abordan la política, las luchas de poder, los conflictos y las controversias abiertas, así como cualquier otra área de la actividad humana. Por esto, el primer paso hacia un proceso de diseño de sistemas sustentables es abandonar la idea de un conocimiento tecnocientífico puro y autoritario. El segundo paso es desarrollar una crítica bien fundada del conocimiento existente. Por esta razón, la necesidad de teorías que apoyen el análisis crítico de la producción y constitución de conocimiento va en aumento. En el tercer paso, el diseño genera la posibilidad de hacer proyectos para explorar cómo las cosas se podrían desarrollar desde perspectivas diferentes. Esto es lo que el diseño tiene para ofrecer a la tradición rica y analítica de la crítica a la tecnología: la posibilidad de una exploración estructurada de las alternativas.

generate (Hansen & Clausen, 2017).

This socio-technical approach is fundamental because the challenge of sustainability requires a critical view on existing scientific and technical knowledge, and this requires a fundamental understanding of what science and knowledge is. Science is not the result of a smooth, articulated, rational and skilled application of the scientific method (Latour, 1987). Science and knowledge are the result of an accomplished social process where politics, power struggles, conflicts and open controversies are dealt with, just like in any other area of human activity. Therefore, the first step in a sustainable system design process is to abandon the idea of pure authoritative techno-scientific knowledge. The second step is to develop an informed critique on existing knowledge. Therefore, the need for theories that support critical analyses of the production and constitution of knowledge arises. In the third step, design opens up the possibility of doing projects to explore how things could be arranged in a different way. This is what design offers to a rich analytical tradition of criticism to technology: the possibility of structured exploration of alternatives.



## **LAS INFRAESTRUCTURAS COMO CONTEXTO PARA DISEÑAR**

En nuestra presentación y discusión detallada del uso de los STS nos enfocamos en el proyecto del quinto semestre. En éste, los proyectos de los estudiantes se enfocan en infraestructuras que ofrecen un contexto para productos y servicios, así como en su diseño. Por lo tanto, la complejidad de los desafíos de ingeniería está presentada en relación con las dimensiones de cambio sustentable. El semestre está estructurado como lo muestra la Figura 2. EL período de tiempo que los estudiantes tienen para sus proyectos es de tres meses y medio cada otoño.

Los recursos teóricos ofrecidos para el proceso incluyen leer y discutir a Meadows (2008) y Hughes (1987) al comienzo del semestre. El libro de Meadows maneja un lenguaje básico y ofrece un análisis de los conceptos e ideas fundamentales del pensamiento de sistemas. También presenta algunas herramientas que los estudiantes podrían utilizar durante su carrera, como diagramas de flujo y existencias, o diagramas de bucles casuales. Nosotros insistimos en ser precavidos, pues los sistemas no son conocibles sino sólo investigables. Hughes, por su parte, aporta conceptos y ejemplos detallados para comprobar el hecho de que todos los sistemas existentes son el resultado de procesos históricos, por lo que intentar cambiarlos o desafiarlos requiere comprenderlos como sistemas sociotécnicos. Callon (1984) y Storni (2015) son tratados ampliamente en dos cursos del cuarto semestre

## **INFRASTRUCTURES AS CONTEXT FOR DESIGNING**

In our detailed presentation and discussion of the use of STS, we will focus on the fifth semester project. In the fifth semester, the students' projects focus on infrastructures that provide a context for products and services and their design. Therefore, the complexity of engineering challenges is exposed in relation to the sustainability dimensions of change. The semester is structured as pictured in Figure 2. The period of time the students have for their projects is 3.5 months every fall.

The theoretical resources provided for the process include reading and discussing Meadows (2008). Meadows' book provides a basic language and an understanding of the fundamental concepts and ideas with systems thinking. It also presents some tools that the students might use in their journey, like stock and flow diagrams and causal loop diagrams. We insist on being cautious, as systems are not knowable but just researchable. Hughes provides concepts and detailed examples to substantiate the fact that all existing systems are the result of a historical processes and thus attempting to change them or challenge them requires understanding them as socio-technical systems. Callon (1984) and Storni (2015) are discussed extensively in two courses in the fourth semester to provide the students with the understanding and the tools

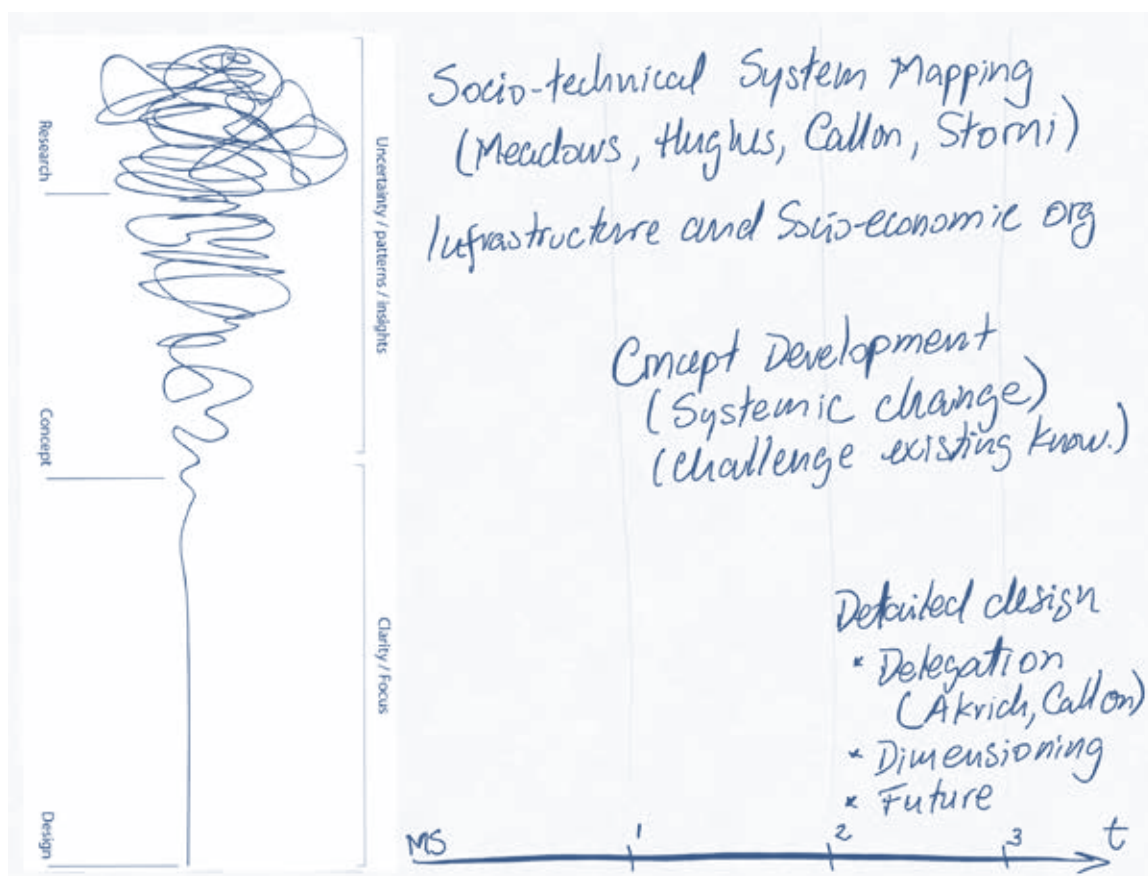


Figura 2: visualización (en inglés) del quinto semestre. El “garabato” de Newman se presenta de manera vertical porque las tres fases principales del proceso de diseño (investigación, concepto y diseño) son tan iterativas que son casi simultáneas durante todo el período. La primera fase, a la cual llamamos “sistema de mapeo sociotécnico”, abarca la representación de sistemas. La segunda fase abarca el desarrollo de conceptos sistémicos que permiten enfocarse en cualquier desafío que el equipo de diseño decida enfrentar. Y la tercera y última fase abarca el diseño detallado. Fuente: Los autores.

Figure 2: Visualization of 5<sup>th</sup> Semester. Newman's squiggle is presented vertically because the three main phases of the design process (research, concept and design) are so iterative that they are almost parallel during the whole period. The first phase is about system representation, which we call 'socio-technical system mapping'; the second phase is about developing systemic concepts to focus on whatever challenges the design team chooses to tackle; and the third and final phase is about detailed design. Source: The Authors.

para darles a los estudiantes la posibilidad de comprensión y las herramientas (mapeo de controversia visual) para reconocer y afrontar desacuerdos, desalineamientos, conflictos y controversias en los procesos de diseño.

El diseño conceptual está respaldado por una amplia discusión sobre la síntesis estructurada por Mogens Myrup Andreasen y sus colegas (Andreasen, Hansen, & Cash, 2015). Los aspectos principales de esta discusión permiten concebir el espacio de solución como algo determinado por el desafío al conocimiento científico existente sobre algún problema específico, trayendo a colación conocimiento intuitivo y de otros tipos, así como mapeando y ofreciendo una comprensión de la configuración de actores que se involucrarán en la creación y el mantenimiento de cualquier solución de diseño. La fuente, así como el conocimiento acumulado sobre diseño (Cross & Roy, 1989; Dym, 1994; Ulrich & Eppinger, 2008), se ocupa principalmente del diseño de productos, pero ofrece elementos que se pueden adaptar razonablemente al diseño de sistemas. El mayor reto en este punto es desarrollar conceptos que enfrenten el nivel de sistema y no se centren únicamente en un subsistema o elemento. Además, este enfoque pone énfasis en la comprensión de los conocimientos, las capacidades y las necesidades de los actores, para poder así proponer una redistribución de agencias bien fundamentada (Callon, 1984). Este enfoque contrasta con otros más tradicionales del diseño y la ingeniería, los cuales sólo

(visual controversy mapping) to recognize and tackle disagreements, misalignments, conflicts and controversies in design processes.

Conceptual design is supported by an extensive discussion on synthesis structured by Mogens Myrup Andreasen and colleagues (Andreasen, Hansen, & Cash, 2015). The main aspects of this discussion substantiate the solution space as something determined by challenging existing scientific knowledge on a given problem, bringing in intuitive and other types of knowledge and mapping and a thorough understanding of the configuration of actors that will be involved in the creation and maintenance of any design solution. The source, like the bulk of knowledge in design (Cross & Roy, 1989; Dym, 1994; Ulrich & Eppinger, 2008), is primarily concerned with product design, but offers elements that make it reasonable to adapt them to system design efforts. The main challenge here is to develop concepts that tackle the system level, and do not only focus on one subsystem or element. Additionally, this approach places emphasis on understanding actors' knowledges, capacities and needs in order to be able to propose informed redistribution of agencies (Callon, 1984). This approach stands in contrast to traditional design and engineering approaches that only place agency on producers and designers and do not take into account users (apart from being passive receivers)

ponen atención en los productores y diseñadores, sin considerar a los usuarios (más allá de ser receptores pasivos) ni a los actores a cargo del mantenimiento, la operación y las demás tareas relacionadas con el funcionamiento del sistema, como tampoco a los actores implicados en el mismo (Akrich, 1992).

Los detalles de diseño encuentran respaldo en la reseña crítica de literatura técnica que requiera el sistema específico, así como en la discusión sociotécnica acerca de la delegación. Cualquier sistema es una geografía de responsabilidad: determinados actores son responsables de hacer algo para que un sistema dado o una práctica puedan existir (Akrich, 1992; Callon, 1984). Las soluciones sustentables pueden requerir una redistribución de esa responsabilidad, desafiando frecuentemente las regulaciones existentes (locales, regionales, nacionales y/o supranacionales), las divisiones institucionalizadas del trabajo (entre los sectores del gobierno, por ejemplo), y los roles históricos (por ejemplo, el del paciente pasivo ante un tratamiento médico). Las contribuciones de Akrich (1992), Callon (1984) y Storni (2015) son fundamentales para entender cómo ocurren estos procesos de delegación de una manera implícita o explícita. Los conceptos de Akrich de escritura, inscripción, descripción, reinscripción y preinscripción proveen un metalenguaje para analizar lo que se procura alcanzar con el diseño y cómo remodelarlo. Callon (1984) nos da herramientas visuales y analíticas, la sociología de la traducción, para desentrañar los procesos de

and actors in charge of maintenance, operation and other related tasks for the functioning of the system and even implicated actors (Akrich, 1992).

Detailed design is supported by a critical review of whatever technical literature the specific system requires and by a socio-technical discussion on delegation. Any given system is a geography of responsibility: some actors have a responsibility to do something to make a given system or practice exist (Akrich, 1992; Callon, 1984). Sustainable solutions might require a re-distribution of that responsibility, often challenging existing regulations (local, regional, national and/or supranational), institutionalized division of labor (among government sectors for example) and/or historical roles (for instance, of patients being passive in medical treatments). To understand how these processes of delegation occur in an implicit or explicit fashion, the contributions of Akrich (1992), Callon (1984) and Storni (2015) are key. Akrich's concepts of script, inscription, description, reinscription and preinscription provide a language to analyze what is intended with a design and how to reshape it. Callon (1984) provides analytical and visual tools, the sociology of translation, to unpack the processes of delegation of agency or, in other words, what is expected from each actor and how those expectations are met. Finally, Storni (2015) reflects on the role of the designers as agonistic Promet-

delegación de poder o, en otras palabras, de lo que se espera de cada actor y cómo se alcanzan tales expectativas. Finalmente, Storni (2015) aborda el papel que juegan los diseñadores como prometeos agnósticos que no proveen la respuesta final, sino que facilitan el proceso de desarrollo del nuevo conocimiento y lo hacen circular entre los demás actores para fomentar la democracia en el proceso de diseño.<sup>1</sup>

### EJEMPLO DE UN PROYECTO ESTUDIANTIL

En este apartado presentamos un proyecto desarrollado durante el primer semestre de 2016 para ilustrar el tipo de decisiones que deben tomar los estudiantes y las dificultades que enfrentan. El proyecto aborda la planificación de un nuevo vecindario que debía ser construido en la isla de Amager, a unos tres kilómetros del centro de Copenhague, como parte de un desarrollo a largo plazo de Ørestad (Majoor, 2008).

Ørestad es un área verde en desarrollo. Está bajo la responsabilidad del desarrollador privado By og Havn. Los planificadores de esta organización acudieron a la universidad y ofrecieron colaborar con los estudiantes. El punto de partida fue el siguiente: «nosotros [dijeron] normalmente trabajamos de un modo particular debido a las limitaciones de recursos y al ritmo de nuestro trabajo, por lo que nos gustaría que ustedes nos ayudaran a pensar cómo podríamos hacer las cosas de una manera sustentable». Ellos se referían en particular a los desechos que dejan los sistemas de mantenimiento de las comunidades que se

1 Ver la contribución de I. Farías y T. Sánchez Criado a esta edición

heans not providing the final answer but facilitating the process of development of new knowledge and circulating it among all actors so as to make democracy possible in the design process.<sup>1</sup>

### EXAMPLE OF A STUDENT PROJECT

Here we present one project, developed during the spring of 2016, to illustrate the type of decisions the students make and the difficulties they face. The project dealt with the planning of a new neighborhood that was to be built in the island of Amager, about 3 kilometers from the city center of Copenhagen as part of a long-term development of Ørestad (Majoor, 2008).

Ørestad is a green field development under the responsibility of the private developer By og Havn. Planners from this organization approached the university and offered to collaborate with the students. The point of departure was the following: “we”, they said, “normally do things in a particular way because of resource constraints and the pace of our work, and we want you to help us think how we could do things in a sustainable way”. In particular, they referred to the waste management systems of the neighborhoods recently developed in Copenhagen. The standard system installed was a central sucking solid waste system op-

1 See the contribution by I. Farías and T. Sánchez Criado in this issue.

han desarrollado recientemente en Copenhague. El sistema estándar instalado fue una succionadora central de desechos sólidos operada por un proveedor privado. Ellos estaban al tanto de las deficiencias del sistema, incluyendo que era una solución que requería mucha energía para funcionar. Por esto, desde el comienzo la tarea de los estudiantes era ser críticos con la solución estándar existente con el objetivo de estructurar una nueva.

Los estudiantes se dispusieron a trabajar y obtuvieron información relacionada con diferentes aspectos: la solución típica existente instalada en los vecindarios más nuevos; nuevos sistemas de recolección de desechos instalados en Dinamarca y Suecia; políticas y planes de la municipalidad de Copenhague (que sacaron a relucir planes contradictorios, enfocados por una parte en la construcción de uno de los quemadores de desechos sólidos más grandes de Escandinavia, pero por otra parte en un plan ambicioso de separar los desperdicios en su fuente para mejorar el reciclaje); regulaciones a nivel local, de la ciudad, del país e incluso a nivel de la UE; la geografía de los actores involucrados en llevar a cabo la recolección de desechos sólidos en Copenhague; las actitudes de los usuarios hacia los desechos sólidos y las posibilidades de reciclaje; las actitudes y conocimientos de expertos; así como las características del nuevo vecindario a edificar. Los estudiantes advirtieron la relación existente entre la separación de los desperdicios en su fuente y el transporte de fracciones separa-

erated by a private supplier. They were aware of the shortcomings of the system, including it being a system that requires a lot of energy to run. Thus, from the outset, the students had the mission of being critical of the existing standard solution and the objective of structuring a new one.

The students set to work and gathered information on several topics: the existing typical solution installed in recent neighborhoods; new waste collection systems installed in Denmark and Sweden; policies and plans from the municipality of Copenhagen (which exhibit contradictory plans, focusing on one hand on building one of the biggest solid waste burners of Scandinavia, and on the other on rolling out an ambitious plan to separate waste at the source to enhance recycling); regulations at the local, city, national and EU level; the geography of actors involved in running solid waste collection in Copenhagen; user attitudes towards solid waste and recycling possibilities; expert knowledge and attitudes; and the characteristics of the new neighborhood to be built. They particularly noted the relationship between separating at the source and transportation of separated fractions. The more fractions separated, the more transportation is needed to remove the waste from the neighborhood. This is not only a technical aspect, but also an actor issue, since it touches on the ways the municipality of Copenhagen organizes the

das. Mientras más fracciones se separan, más transporte se necesita para remover los desechos de los vecindarios. Esto no es sólo un asunto técnico, sino un tema de actores, ya que se relaciona con la forma en que la municipalidad de Copenhague se encarga de organizar la recolección de desechos y, también, con los derechos de propiedad sobre esos materiales recolectados. Además, entre más fracciones hay, más espacio físico se requiere para la acumulación temporal de cantidades útiles para transportar.

Iniciando el proceso, los alumnos descubrieron que la fracción más grande en un apartamento normal en Copenhague es el desecho orgánico procedente de la cocina (45%). Por esto, uno de los principales desafíos era decidir si el sistema que estaban diseñando manipulaba todo el desecho sólido producido en el nuevo vecindario, o si más bien se limitaba a manipular y reutilizar únicamente la fracción orgánica. Ellos se decidieron por esta última opción, basados en el conocimiento que habían adquirido y en un análisis de los recursos y el tiempo que tenían para entregar el proyecto. El hecho de que los diseñadores tomen decisiones, y que en nuestro programa deban hacerlo, genera un gran contraste con la educación regular de ingeniería, donde los estudiantes generalmente dejan de lado la toma de decisiones informadas, y más bien son entrenados para calcular resultados frente a un determinado problema técnico utilizando métodos cuantitativos establecidos. Esto también establece una diferencia con los programas de

collection of waste and the property rights over the collected materials. More fractions also require more space locally for temporal accumulation of quantities worth transporting.

Early in the process, they found out that the biggest fraction in a normal apartment in Copenhagen is the organic waste coming out of the kitchen (45%). Therefore, one of the first challenges was to decide whether the system they were designing was a system to handle all the solid waste produced in the new neighborhood, or if they could narrow the objective to handle and reuse the organic fraction only. They chose the latter framing. This was a decision based on the knowledge they had acquired and on an assessment of the resources in the time they had to deliver the project. The fact that designers make decisions and that in our program they have to do so, stands in sharp contrast with normal engineering education where students normally do not take informed decisions, but are trained mainly to calculate results on a given technical problem using established quantitative methods. It is also different from social science programs where students are trained to observe and analyze, but seldom encouraged to make decisions and structure a solution.

Based on the knowledge they had accumulated and the vision of

ciencias sociales en que los estudiantes son entrenados para observar y analizar, pero rara vez son impulsados a tomar decisiones y estructurar soluciones.

Basándose en el conocimiento que habían acumulado y en la visión de sustentabilidad que los estimulaba, ellos definieron el objetivo de su proyecto como sigue:

Desarrollar un sistema para el nuevo vecindario de Ørestad Fælled Kvarteret que le dé valor a la comunidad y sus habitantes convirtiendo desechos sólidos en un recurso visible. El sistema va a satisfacer los deseos de reducción de transporte entre el vecindario. Este sistema se sumará al tipo de unidades habitacionales propuestas (sólo apartamentos) y hará posible el uso de los desechos como un recurso en el sitio. Este sistema también impulsará la generación de un sentido de comunidad y pertenencia entre los habitantes del lugar (Reporte de diseño de los estudiantes, 2016).

Con este objetivo de proyecto, los estudiantes definieron una lista de requisitos y criterios para luego definir algunas alternativas de conceptos que les permitieran alcanzarlos. En este punto, los estudiantes lucharon con la literatura existente, la cual es muy detallada en métodos de diseño y herramientas para el diseño de productos, pero no de sistemas. En consecuencia, debieron resistir la tentación de en-

sustainability they were striving for, they defined the objective of their project to be to:

Develop a system for the new neighborhood Ørestad Fælled Kvarteret, which creates value for the neighborhood and its inhabitants by making solid waste a visible resource. The system will meet the desire for transport reduction within the neighborhood, it will be coupled with the type of habitational units proposed (apartments only) and make possible the use of waste as a resource on site. It will also support the generation of a sense of community and belonging among inhabitants. (Student design report, 2016)

With this as their system objective, they defined a list of requirements and criteria and proceeded to define some concept alternatives to meet them. At this stage, the students struggled with the existing literature, which is very detailed in design methods and tools in relation to product design, but not systems. One challenge they had to overcome was that of resisting the temptation of focusing on one material element that resembled a product or a closed technical system (the central sucking station for instance), which would fit best with the existing literature. Therefore, all the elements presented in the requirements and cri-



focarse solamente en un elemento material o un sub-sistema técnico (por ejemplo, el sistema central de succión de desperdicios), lo que encajaría de mejor forma con la literatura existente, pero traicionaría el abordaje sistémico. Por esto, todos los elementos presentados en los requerimientos y criterios tenían que ser sistémicos, lo que constituía un desafío permanente.

En la etapa del desarrollo del concepto, ellos propusieron tres alternativas: 1) hacer compost sólo en el sitio para reutilizarlo en techos verdes; 2) reutilizar desechos orgánicos para producir biogás y compost *in situ*; 3) generar biogás sólo en el sitio. Estas alternativas se inspiraron en experimentos desarrollados en Dinamarca en pequeñas comunidades rurales, villas ecológicas, áreas verdes y jardines, así como en el hecho de que el nuevo vecindario debía ser construido sobre una antigua reserva natural, y habría sido contiguo al resto de ésta.

Se estudiaron las alternativas de diseño con participación de los planificadores de By og Havn. A través de varios juegos de diseño (Brandt, 2006) los estudiantes testearon cómo las diferentes alternativas estaban o no en sintonía con el discurso general de la compañía, sus planes y sus ideas, así como con las ideas propias del planificador. Ellos descubrieron, por ejemplo, que la empresa estaba interesada en generar actividades en la comunidad local en torno al funcionamiento del vecindario, para así reforzar su sensación de propiedad sobre instalaciones comunes. También se dieron cuenta de que los planes

teria had to be systemic and this was a permanent challenge.

At the stage of concept development, they proposed three alternatives: 1) composting only on site for reuse in green roofs; 2) re-using biological waste to produce bio-gas and compost on site; and 3) biogassing on site only. These alternatives drew inspiration from experiments in Denmark in smaller rural communities, ecovillages, green roofs and gardens and the fact that the new neighborhood was to be built in a former natural reserve and it would have been contiguous to the remainder of the natural reserve.

The design alternatives were assessed with participation from the planners from By og Havn. Through several design games (Brandt, 2006), the students tested how the different alternatives were or were not in line with the general discourse of the company, their plans and ideas, and the planner's own ideas. They discovered, for instance, that By og Havn was quite interested in generating local community activities around the functioning of the neighborhood to strengthen ownership over common facilities. They also noted that the existing plans at that stage included three parking buildings which were to be built and run by By og Havn and which they wanted to use for other purposes. And finally, they noted the high value allocated to any community activities on the

existentes incluían tres edificios de estacionamientos, los cuales serían construidos y administrados por By og Havn, que los utilizaría con otros propósitos. Y, finalmente, advirtieron el alto valor añadido a cualquier actividad que la comunidad desarrollara en los techos comunes o en las instalaciones de los edificios de estacionamientos. Esta también fue una oportunidad para estudiar, de una manera particular y novedosa, a By og Havn como un actor de interés. No fue sólo observación y análisis, como se suele hacer en las ciencias sociales, ni se trató de una estrategia de seguir al actor. En lugar de eso, fue un acto de “discutir con el actor”, donde se examinó el deseo particular del actor por generar un cambio.

Luego de considerar las tres alternativas y estimar las cantidades de desechos sólidos, los tiempos de procesamiento, la producción de compost, la administración de *stock* y otros aspectos, los estudiantes eligieron la segunda alternativa anteriormente descrita para recuperar y utilizar tanto desecho orgánico como fuese posible en el sitio. Solamente después de esta selección, ellos estuvieron en posición de medir los flujos esperados en la solución seleccionada.

Para ellos fue sorprendente descubrir que la solución elegida requería importar estructuras (ramas grandes para facilitar la oxigenación de grandes masas de desechos orgánicos) desde fuera del vecindario para apoyar la producción de biogás, ya que esto estaba en contradicción con la meta planteada de reducir el transporte, y porque

common roofs and in the basements of the parking buildings. This was also an opportunity to study By og Havn as an actor of interest in a particular and novel way. It was not observation and analysis, as is typical in the social sciences, nor was it a ‘follow the actor’ strategy, it was a ‘discuss with the actor’ enactment, where this particular actor’s willingness to change was tested.

After considering the three alternatives and estimating quantities of solid waste, times of digestion, compost production, stock management, and other aspects, the students selected the second alternative to recover and use as much of the biological waste as possible on site. Only after this selection was made, were they in a position to be able to dimension the expected flows in the solution selected.

It was a surprise to find that the selected solution required the importing of structure from outside the neighborhood in order to support the production of biogas, as this was in contradiction with the stated goal of transport reduction, and that the energy produced by the projected biogas unit would not be enough to drive the central sucking station. These were pieces of knowledge that only appeared in the detailed design phase. In a real project, the iterative process would use these as inputs to refine the whole design.

la energía que se esperaba que produjera la unidad de biogás no sería suficiente para hacer funcionar la estación central de succión. Estas fueron piezas de conocimiento que sólo salieron a la luz en la fase detallada de diseño. En un proyecto real, los procesos iterativos utilizarían estos resultados como puntos para refinar el diseño completo.

Pero lo más importante es que los estudiantes descubrieron que una solución como esa requeriría algunos cambios en la relación existente entre los actores involucrados. En la solución normal existente no hay lugar para separar las fracciones orgánicas y los desechos desaparecerían de la vida de los usuarios tan pronto como los sacaran del apartamento: legalmente, la municipalidad de Copenhague se adueña de los desperdicios. En contraste, la solución propuesta por el equipo de diseño afirmaba que la fracción biodegradable podría ser separada en su fuente. El sistema central de succión tiene la capacidad de succionar fracciones diferentes en diferentes momentos de la semana. La fracción orgánica no es entregada a la municipalidad (aunque sí el resto de las fracciones). En lugar de eso, esa fracción se utiliza *in situ* como combustible para la unidad de biogás instalada. Los subproductos del último proceso se utilizan luego, según lo acordado, para hacer funcionar los sistemas de calefacción, los camiones de transporte y, finalmente, como fertilizante para las áreas verdes, las que por otra parte son administradas por la comunidad de vecinos. En este caso, la fracción orgánica contribuye a construir una comunidad local. En este

Most importantly, the students found that such a solution required a number of changes in the existing relationships among involved actors. In this solution, there is no room for separating the organic fraction and the waste just disappears from the user's life as soon as he takes it out of his apartment: legally, the municipality of Copenhagen becomes the owner of the waste. By contrast, the solution proposed by the design team states that biodegradable fraction can be separated at the source. The central sucking system has the capacity to suck different fractions at different times during the week. The organic fraction is not delivered to the municipality – though all the other fractions are. Instead, it is used on site to feed the biogas unit installed. The by-products of this last process are then used accordingly to fuel a heating system, to fuel transport trucks, and finally as fertilizer for the green roof, which in turn is driven by the community of neighbors. In this case, the organic fraction contributes to a building of a local community. In this scenario, it is the neighborhood that owns the biological waste fraction and uses it as a resource. The students also developed an analysis of what and who would need to change in order to make this solution possible.

escenario, son los vecinos quienes tienen los derechos de propiedad de la fracción de desecho biológico y la utilizan como un recurso. Los estudiantes también desarrollaron un análisis de qué y quién necesitaría cambiar para hacer posible esa solución.

### CONCLUSIÓN

Hemos afirmado que los STS contribuyen de tres maneras significativas a la educación de ingenieros de diseño sustentable: fomentando una postura crítica con respecto al conocimiento existente, ofreciendo herramientas para considerar controversias y la delegación de agencias, y reafirmando el diseño como un proceso social. ¿Lo entienden así los estudiantes? Y en caso afirmativo, ¿qué obtienen de este enfoque?

Como se plasmó en el ejemplo, los estudiantes articulan una visión crítica del conocimiento existente con respecto a un problema dado. En contraste con los paradigmas de la ingeniería de diseño tradicional, ellos no se lanzan directamente a resolver un problema utilizando métodos cuantitativos, o calculando los diferentes aspectos técnicos de una solución dada. Al contrario, utilizan el tiempo para analizar los problemas en su fuente y para desarrollar una crítica a las soluciones y paradigmas existentes en torno a una práctica dada, para lo cual recopilan información, reconocen las posturas de los actores involucrados y analizan otras experiencias. Esta crítica no está articulada como un

### CONCLUSION

We have argued that STS contributes in three meaningful ways to sustainable design engineering education: by supporting a critical view on existing knowledge; by providing tools to take into account controversies and delegation of agency; and by reasserting design as a social process. Do the students understand it? And if they do, what do they get out of this approach?

As presented in the example, students do articulate a critical view on the existing knowledge regarding a given problem. In contrast to traditional engineering design paradigms, they do not throw themselves directly into solving a given problem using quantitative methods, or calculating different technical aspects of a given solution. Instead, they use time to analyze the problems at stake and to develop a critique of existing solutions and paradigms around a given practice drawing information, knowledge and views from involved and implicated actors and from experiences elsewhere. This critique is not articulated as a textual, organized and systematic critical analysis of the existing paradigms in the particular field (urban waste management in the example presented) as is the common practice in social sciences. Instead, it is structured around the pieces of knowledge that allow them to take design decisions

análisis crítico textual, organizado y sistemático, de los paradigmas existentes en un campo particular (que en el ejemplo presentado correspondería a la administración urbana de los desechos), como es la práctica común en las ciencias sociales. Al contrario, está estructurada en torno a piezas de conocimiento que permiten a los estudiantes tomar decisiones de diseño para desarrollar los marcos institucionales y técnicos que resultan fundamentales para producir soluciones novedosas. En este sentido, su uso de percepciones, métodos y herramientas inspiradas en los STS está orientado pragmáticamente y no de manera reflexiva al interior del campo de los STS.

A través de métodos particulares inspirados en la literatura de los STS, los estudiantes utilizan diagramas para investigar y comunicar la distribución de responsabilidad de los actores en un sistema determinado. En este caso, ellos se enfocaron en resaltar el contraste entre el sistema que propusieron y los poderes delegados y el sistema estándar de desechos sólidos. En otros proyectos, los estudiantes han implementado lo que ellos denominan el “diagrama de delegación de agencia”, inspirado visualmente en Callon (1984). Este tipo de diagrama se utiliza como una herramienta para analizar y comunicar la distribución existente de agencia versus la deseada, y para explorar los modos en que un vocero dado debería intentar traducir a los actores un determinado mensaje para generar la solución deseada. Lo que los estudiantes logran aquí es integrar a los actores que componen la

in order to develop institutional and technical frameworks that are fundamental to producing novel solutions. In this sense, their use of STS inspired insights, methods and tools is pragmatically oriented and not reflective on the field of STS.

In particular methods inspired by STS literature, the students use diagrams to research and communicate the distribution of responsibility of actors in a given system. In this case, they have focused on highlighting the contrast between the delegated agency in the standard solid waste system and the one they propose. In other projects, students have taken on what they call the ‘Delegation of Agency’ (DoA) diagram, which is visually inspired by Callon (1984). This type of diagram is used as a tool to analyze and communicate the existing vs. the desired distribution of agency, and to question the ways in which a given spokesperson should attempt to translate actors to produce the desired solution. What the students achieve here is the opportunity to integrate into the design process the actors that compose the existing solutions which have to change to make the new solution possible. This type of approach is absent in traditional design processes that focus only on the technical aspects of a given product or system or, at best, include only users as the main social actor. Once more, STS is used here, rather than reflected upon.

solución existente —y que deben cambiar para poder hacer posible la solución nueva— con el proceso de diseño. Esta forma de abordar la situación está ausente en los procesos de diseño tradicionales, que se enfocan únicamente en los aspectos técnicos de un producto dado o de un sistema, o, con mucho, que incluyen a los usuarios como el actor social principal. Una vez más, se han utilizado los STS en lugar de reflexionar en torno a ellos.

Estas dos formas particulares y concretas de utilizar el conocimiento inspirado en los STS se ven complementadas por el compromiso de los estudiantes con la pregunta acerca de cómo valorar, en el contexto específico, las dimensiones de la sustentabilidad; éste no es sólo un criterio aislado que se usa para elegir una solución, sino más bien una propiedad emergente de cualquier sistema o solución. Por eso, en un enfoque de diseño de sistemas, los estudiantes definen las formas en que articularán sus propios análisis sobre qué es la sustentabilidad, y sobre qué debería ser en el contexto de sus proyectos particulares. En el caso expuesto en este ensayo, por ejemplo, no se trató sólo acerca del uso de recursos o la reducción de emisiones, sino también acerca de la creación de sentido de comunidad. Por eso repetimos que la crítica al conocimiento existente (en este caso, sobre sustentabilidad) no está expresada como una narrativa sistemática, sino como una parte integral del proyecto en términos de objetivos deseados, decisiones de diseño e implementación de la solución propuesta.

These two particular and concrete ways of using STS inspired knowledge are complemented by the students' engagement with the question of how to value, in the specific context, the dimensions of sustainability. Sustainability is not a detached criterion used to assess the solution but is rather an emerging property of any system or solution. Therefore, in a system design approach, the students define the ways in which they articulate their own analysis of what sustainability is, and what it should be in the context of their particular project. In the case presented in this paper, for instance, it was not only about the use of resources or reducing emissions but also about building community. Again, the critique of existing knowledge (here, on sustainability) is not expressed as a systematic narrative, but as an integral part of the project in terms of desired objectives, design decisions and an assessment of the proposed solution.

In short, we are running a Sustainable Design Engineering program that draws substantial inspiration from STS and particularly from ANT. But, does this mean that we are black-boxing STS/ANT in order to be able to use it in design? The answer is 'yes' in relation to concrete tools and methods, and 'no' in relation to the general attitude towards design. The students' project reveals that they use particular actor-oriented visual and narrative tools to take design decisions. When they do that, they are

En suma, el nuestro es un programa de Ingeniería de Diseño Sustentable que toma inspiración sustancial de los STS y, en especial, de la teoría del actor-red. Pero, ¿esto significa que estamos concibiendo los STS y la teoría del actor-red como cajas negras para poder utilizarlas en el diseño? La respuesta es “sí” en relación a las herramientas concretas y los métodos, y “no” en relación a la actitud general hacia el diseño. Los proyectos estudiantiles revelan que los alumnos utilizan herramientas visuales y narrativas particulares orientadas a los actores para tomar decisiones de diseño. Cuando lo hacen, utilizan el conocimiento de los STS como un instrumento, como una guía. Ellos lo aceptan y lo siguen. Ellos pueden ser críticos respecto de su utilidad o de su habilidad para utilizarlo, pero no del conocimiento como tal. Esta puede ser también una falla de los profesores, ya que nos enfocamos mucho en dar una educación de diseño no centrada en lo técnico, dentro de un contexto global de programas educativos de ingeniería centrada en aspectos técnicos.

Sin embargo, los estudiantes y los profesores también cuestionan el conocimiento de los STS, no en sus propios términos, por supuesto, sino en su habilidad para apoyar los procesos de diseño. En este aspecto, existe una insatisfacción general con los textos que sólo deconstruyen tecnologías sin presentar alternativas, y existe una apreciación general por la literatura que presenta diseños inspirados en la teoría del actor-red. **D**

using STS knowledge as an instrument, a guideline. They accept it and follow it. They might be critical of its utility or of their ability to use it, but not of the knowledge itself. This might also be the teachers' fault, as we are much focused on making a non-technically centered design education, in a global context of technically centered engineering educational programs.

However, students and teachers do eventually attempt to question STS knowledge not on its own terms, of course, but on its ability to support design processes. In this respect, there is a general dissatisfaction with texts that only de-construct technologies without presenting alternatives. And there is a general appreciation for literature that presents ANT inspired designs. **D**

## REFERENCIAS / REFERENCES

- AKRICH, M. (1992). The De-scription of Technical Objects. In W. E. Bijker & J. Law (Eds.), *Shaping Technology/ Building Society: Studies in Sociotechnical Change*. Cambridge, MA: MIT Press.
- ANDREASEN, M. M., HANSEN, C. T., & CASH, P. (2015). *Conceptual Design: Interpretations, Mindset and Models*. Charm, Switzerland: Springer.
- BARGE, S. (2010). *Principles of Problem and Project Based Learning: The Aalborg PBL Model*. Aalborg, Denmark: Aalborg University.
- BIJKER, W. E., HUGHES, T. P., & PINCH, T. J. (Eds.). (1987). *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- BRANDT, E. (2006). Designing Exploratory Design Games: A Framework for Participation in Participatory Design? In *Proceedings of the Ninth Conference on Participatory Design: Expanding Boundaries in Design-Volume 1* (pp. 57–66). Trento, Italy: ACM.
- CALLON, M. (1984). Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of St Brieuc Bay. *The Sociological Review*, 32(S1), 196–233.
- CROSS, N., & ROY, R. (1989). *Engineering Design Methods. Volume 2*. New York, NY: Wiley.
- DYM, C. L., AGOGINO, A. M., ERIS, O., FREY, D. D., & LEIFER, L. J. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103–120.
- DYM, C. L. (1994). *Engineering Design: A Synthesis of Views*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- HANSEN, P. R., & CLAUSEN, C. (2017). Management Concepts and the Navigation of Interestment Devices: The Key Role of Interestment Devices in the Creation of Agency and the Enablement of Organizational Change. *Journal of Change Management*, 17(4) 344–366.
- HUGHES, T. P. (1987). The Evolution of Large Technological Systems. In W. E. Bijker, T. P. Hughes, & T. J. Pinch (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* (pp. 51–82). Cambridge, MA: MIT Press.
- LATOUR, B. (1987). *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- LATOUR, B. (2005). *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford, England: Oxford University Press.
- LUCENA, J. C. (2003). Flexible Engineers: History, Challenges, and Opportunities for Engineering Education. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 23(6), 419–435.
- MAJOUR, S. (2008). Progressive Planning Ideals in a Neo-liberal Context, the Case of Ørestad Copenhagen. *International Planning Studies*, 13(2), 101–117.
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in Systems: A Primer*. White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing.
- STORNI, C. (2015). Notes on ANT for Designers: Ontological, Methodological and Epistemological Turn in Collaborative Design. *CoDesign*, 11(3–4), 166–178. Doi: 10.1080/15710882.2015.1081242
- ULRICH, K. T., & EPPINGER, S. D. (2008). *Product Design and Development*. New York, NY: McGraw-Hill.