

**TESIS DE DOCTORADO**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO (FADU)**  
**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (UDELAR)**

Título:

**Hacia una convergencia físico-digital**

Arquitectura, aceleración e hipersticiones en torno a una probable singularidad tecnológica.

Autor:

**Mg. Arq. Fernando García Amen**

Directores de tesis:

**Dr. Arq. Rodrigo Martín Iglesias**

**Dr. Arq. Alejandro Ferraz-Leite Ludzik**

Montevideo, 23 de mayo de 2025.

## **Agradecimientos**

A la Comisión Académica de Posgrado, por la beca otorgada para la realización de esta tesis doctoral; a Roberto Fernández y a la dirección del Doctorado, por confiar oportunamente en mi postulación a la segunda edición del programa; a mis tutores, Rodrigo Martín Iglesias y Alejandro Ferraz-Leite, por el apoyo permanente y por su colaboración siempre útil y generosa; a Marcelo Payssé, por el estímulo incondicional desde siempre; a Cecilia Ameijenda, por el aliento sincero, y por haber sabido convertir una planilla Excel en una obra de arte; a Angel Armagno, por el invaluable apoyo gráfico; a Valeria Ulfe y Serrana Robledo, por la ayuda en los inicios de este proceso; a mis compañeros del Centro de Integración Digital: Juan P. Portillo, Paulo Pereyra, Angel Armagno (sí, va dos veces), Raúl Buzó, Gabriela Barber, Luis Flores, Maite Sosa, Lucía Nicotera, Florencia Sánchez, Melissa Gobbi, Mariana Silveira, Pierina Cirizola y Federico Lapeyre, por haber sido el sustento del espacio académico que oriento a lo largo de todo el período de la tesis; a Javier Fagúndez, y al equipo del Servicio de Enseñanza de Posgrado y Educación Permanente, por haber allanado con eficiencia todos los caminos administrativos para la concreción de este trabajo; a la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGraDi), cuya estructura me ha facilitado buena parte de los contactos y vínculos necesarios para concluir con éxito este proceso; a los integrantes del tribunal de prelectura y de lectura, Adriane Borda De Almeida, Alvaro Bonfiglio, Felipe Reyno, Léia Bruscatto Miotto, Daniela Frogheri, y Marcelo Danza; a la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, por haber sido el alma máter de mi formación académica; y finalmente, a mis padres, Analía y Fernando, quienes me inspiraron desde siempre y me enseñaron el primer manual de instrucciones para la vida.

# Índice

## Resumen

## Abstract

## Notas preliminares

### 1. Introducción

1.1. Objeto de investigación. Convergencia y singularidad

1.2. Preguntas de investigación

1.3. Objetivos

1.4. Hipótesis

### 2. De la era pre-industrial a la noción de singularidad tecnológica

2.1. De la Revolución Industrial a la materialidad digital

2.1.1. La era pre-industrial y los primeros autómatas

2.1.2. La cibernética, el algoritmo y el surgimiento del paradigma digital

2.1.3. El *mass customization* y la redefinición del concepto de autoría en las materialidades digitales

2.2. Del culto a la máquina al culto a la inteligencia artificial

2.2.1. La máquina cooperante, la máquina como interfaz y el origen de la hibridación

2.2.2. Filosofía y tecnopolíticas: cosmismo, transhumanismo y ciborgs

2.2.3. Posthumano/postdigital

2.3. De la inteligencia artificial a la singularidad

2.3.1. El gran reinicio

2.3.2. Máquinas inteligentes... ¿máquinas conscientes?

2.3.3. La singularidad como escenario probable

### 3. De los orígenes de la digitalización a los albores de la supercognición

3.1. Del *computer-aided design* al *architectural computing*

3.1.1. *Computerization vs computation*

3.1.2. Sistemas digitales de representación. CAD/CAM, nurbs y mallas

- 3.1.3. Inteligencia artificial y aprendizaje automático
- 3.2. De los bits a los átomos (y de los átomos a los bits)
  - 3.2.1. Estrategias proyectuales: sección, teselado, pliegue, forma y contorno
  - 3.2.2. Tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial: nubes de puntos, fabricación aditiva, bio-experimentación y manipulación digital de la materia.
  - 3.2.3. Redes neurales y realidades alucinadas
- 3.3. Del *architectural computing* a la convergencia físico-digital
  - 3.3.1. Realidad Virtual/Realidad Aumentada/Realidad mixta
  - 3.3.2. El metaverso como hipótesis
  - 3.3.3. Una convergencia físico-digital pre autoconsciente

#### **4. De la divergencia a la convergencia**

- 4.1. De la arquitectura de la información a la información de la arquitectura
  - 4.1.1. La era paleo-digital: Frederick Kiesler, Christopher Alexander, Cedric Price
  - 4.1.2. La digitalización y el pensamiento: Nicholas Negroponte, William J. Mitchell, Lebbeus Woods.
  - 4.1.3. Arquitectura informada: de Greg Lynn, Stan Allen, y Bernard Cache a Patrick Schumacher.
- 4.2. De lo digital (bits) a lo físico (materia).
  - 4.2.1. La cultura hacker: Neil Gershenfeld y el surgimiento de la red FabLab.
  - 4.2.2. La integración robótica: Gramazio-Kohler, Mahesh Daas, y Achim Menges.
  - 4.2.3. Materialidad y bioinspiración: Neri Oxman.
- 4.3. De las redes neuronales a la búsqueda de intereses convergentes.
  - 4.3.1. Una ecología post-humana: Matías Del Campo y Sandra Manning.
  - 4.3.2. Los paisajes “cyborgánicos”: María Kuptsova.
  - 4.3.3. Neil Leach y la alucinación de imágenes mediante inteligencia artificial.

#### **5. Hacia una convergencia físico-digital. De los escenarios actuales a la hiperstición acelerada.**

- 5.1. De la cibernética a una probable emancipación proyectual.

5.1.1. De la cibernética de primer orden a las interacciones entre el pensamiento y la tecnología.

5.1.2. Del origen de la inteligencia artificial al *deep learning 3.0*.

5.1.3. Del *reinforcement learning* a la supercognición proyectual.

5.2. De las filosofías post-humanistas a una probable singularidad.

5.2.1. De la visión humano-céntrica al post-humanismo.

5.2.2. De las inteligencias enfrentadas a la inteligencia convergente.

5.2.3. De los mitos del Golem a los mitos de la singularidad.

5.3. De la aceleración tecnológica a una probable convergencia físico-digital.

5.3.1. De la digitalización a la fabricación de mundos.

5.3.2. De las alucinaciones maquínicas a la inteligencia alienígena.

5.3.3. De las convergencias a las hipersticiones

## **6. Inteligrama.**

6.1. El Inteligrama como construcción genealógica de la convergencia físico-digital.

6.2. Una arqueología de la evolución del pensamiento proyectual y tecnológico.

6.3. Utilidad en el marco de la tesis.

## **7. Conclusiones.** El camino hacia la singularidad.

7.1. Reconocer los orígenes como modo de establecer una genealogía.

7.2. Definir las claves para pensar el futuro de la convergencia físico-digital.

7.3. Reivindicar la singularidad humana frente a los mitos posdigitales.

## **8. Epílogo. Una pica en Flandes.**

## **9. *Post scriptum*. Contrapunto humano-máquina.**

**Tesoro de la tesis.**

**Bibliografía.**

## Resumen

La intermediación digital en los procesos de diseño remonta sus inicios al fin de la primera mitad del siglo XX y los comienzos de la segunda, fundamentalmente como herramienta de asistencia para la representación. No obstante, los cruces con el desarrollo de la cibernética, la robótica, y la inteligencia artificial, han provocado un cambio sustancial en esta concepción, estableciéndose así nuevos marcos de acción en los que la esfera de lo digital para el desarrollo de las lógicas de proyecto erige nuevos y disruptivos escenarios. En este contexto, la replicación de bits a átomos y viceversa construye una vía de equivalencia de código y materia, donde el mundo físico y el digital tienden a converger en una estructura creciente que, teniendo como lenguaje de intercambio el algoritmo, parece conducir hacia una duplicación digital del mundo físico. Este proceso, que amalgama átomos y bits, se nutre fundamentalmente del *Big data* a través de las tecnologías de captura de información. Crea y propone asimismo soluciones de diseño basadas en la utilización de tecnologías de fabricación, *machine learning*, e inteligencia artificial.

Apuntalada desde la ciencia, la filosofía, y las tecno-utopías, pero también desde la literatura y el cine de ciencia ficción, la idea de singularidad tecnológica ha resurgido con fuerza a la luz de las definiciones y principios establecidos por la Cuarta Revolución Industrial. Con un número creciente de entusiastas y partidarios -así como también detractores- el concepto de singularidad se ha ido colando en muchos campos de estudio. En este sentido, su análisis, repercusión e implicancias en el área proyectual del diseño se presentan como un área vacante y una oportunidad de investigación aún no abordada. En este trabajo, la idea de singularidad se afronta como un paradigma de lo futurible, basándose en una serie de datos portadores de futuro que se desprenden del marco teórico.

A las etapas conocidas como era preindustrial, era industrial, era de la información y era del conocimiento, se propone un nuevo estadio al que se denominará *era de la inteligencia*, según se muestra en el capítulo 6 de esta tesis. Este incipiente período, fundado sobre los preceptos de la Cuarta Revolución Industrial, funge como vector de hiperstición hacia la singularidad tecnológica en todos los aspectos, y por supuesto también en el diseño. Esto conducirá a una fusión del mundo físico y el digital, de lo humano y lo no humano, de lo real y lo simulado. La hibridación resultante del nuevo paradigma deberá contemplar alternativas, escenarios de contingencia y estrategias posibles para afrontar del mejor modo la probable llegada de la singularidad. A esto se lo denominará en este trabajo, *convergencia físico-digital*.

## Abstract

The digital mediation in design processes dates back to the end of the first half of the 20th century and the beginning of the second, primarily as a tool for representation assistance. However, intersections with the development of cybernetics, robotics, and artificial intelligence have led to a substantial shift in this conception, establishing new frameworks of action where the digital realm in project development fosters new and disruptive scenarios. In this context, the replication from bits to atoms and vice versa creates a path of equivalence between code and matter, where the physical and digital worlds tend to converge into a growing structure, with the algorithm serving as the language of exchange. This process appears to be leading towards a digital duplication of the physical world. This amalgamation of atoms and bits is fundamentally driven by Big Data through information capture technologies, while also generating and proposing design solutions based on manufacturing technologies, machine learning, and artificial intelligence.

Supported by science, philosophy, and techno-utopias, but also by science fiction literature and cinema, the idea of technological singularity has re-emerged strongly in light of the definitions and principles established by the Fourth Industrial Revolution. With a growing number of enthusiasts and proponents—as well as critics—the concept of singularity has gradually penetrated many fields of study. In this regard, its analysis, impact, and implications in the design field represent an uncharted research opportunity. This work approaches the idea of singularity as a paradigm of what is yet to come, grounded in a series of future-bearing data derived from the theoretical framework.

To the stages traditionally known as the pre-industrial era, the industrial era, the information era, and the knowledge era, a new phase will be proposed in this thesis, referred to as the Era of Intelligence, as shown in Chapter 6. This emerging period, founded on the precepts of the Fourth Industrial Revolution, functions as a vector of hyperstition towards technological singularity in all aspects, including design. This will lead to a fusion of the physical and digital worlds, of the human and the non-human, of the real and the simulated. The resulting hybridization of the new paradigm must consider alternatives, contingency scenarios, and possible strategies to best face the probable arrival of singularity. This process will be referred to in this work as the physical-digital convergence.

## **Notas preliminares.**

La presente tesis representa el trabajo investigativo del autor en torno al concepto que él mismo ha denominado “convergencia físico-digital”, desarrollado a lo largo de los últimos años. Este concepto se encuentra respaldado por sus publicaciones previas, las cuales se detallan en el apartado de referencias bibliográficas.

Aunque el concepto de “proyecto” podría considerarse central en muchas reflexiones vinculadas al diseño, esta tesis opta por no abordar una definición exhaustiva de dicho término. El enfoque del trabajo no radica en desentrañar el significado o las implicancias generales del “proyecto” como concepto en abstracto, sino en explorar cómo los procesos proyectuales son transformados por la convergencia físico-digital y los avances en inteligencia artificial. Así, el análisis se centra en los cambios tecnológicos, metodológicos y epistemológicos que impactan las prácticas proyectuales en contextos contemporáneos y futuros. Este enfoque permite delimitar con precisión el marco del trabajo y atender específicamente al tema investigado, sin dispersarse en cuestiones que, aunque relevantes, excederían el alcance de esta tesis.

El trabajo se nutre de una variedad de conceptos e ideas que se entrelazan para conformar el marco argumental. Estas ideas son exploradas a través de un análisis cuidadoso de ejemplos representativos, autores influyentes, y corrientes de pensamiento que han ejercido, o continúan ejerciendo, una influencia significativa en la construcción del tema central de la tesis. En este contexto, la ficción especulativa se utiliza como una herramienta clave para reflexionar sobre la creación de futuros posibles, en particular en relación con el arribo del escenario probable de la singularidad tecnológica.

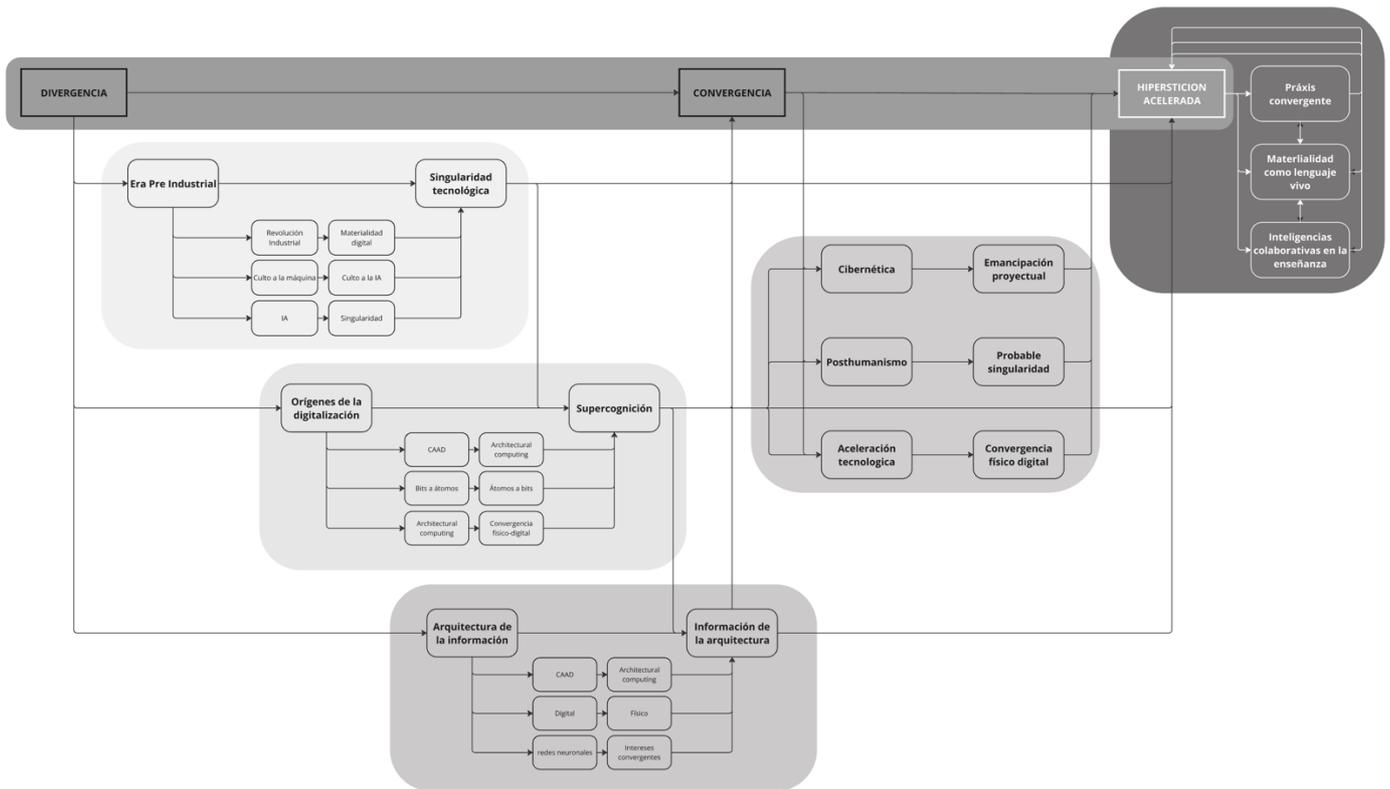
En algunos casos, debido a la actualidad de ciertos conceptos y la ausencia de una traducción consensuada, se presentan en su idioma original, el inglés. Al final de la tesis se incluye un tesoro que organiza y explica estos términos para facilitar su comprensión. Se recomienda su lectura previo a la lectura de la tesis.

# 1. Introducción

*“A human being should be able to change a diaper, plan an invasion, butcher a hog, conn a ship, design a building, write a sonnet, balance accounts, build a wall, set a bone, comfort the dying, take orders, give orders, cooperate, act alone, solve equations, analyze a new problem, pitch manure, program computer, cook a tasty meal, fight efficiently, die gallantly. Specialization is for insects.”<sup>1</sup>*

Robert Heinlein – Fragmento de la novela *“Time enough for love: the lives of Lazarus Long”*.

Este capítulo introduce la investigación sobre la convergencia físico-digital en el diseño, marcada por la aceleración tecnológica hacia una posible singularidad. Se centra en la evolución desde la Revolución Industrial hasta la era digital, destacando el papel de la inteligencia artificial y la computación en la redefinición del proceso creativo. Examina la transición de prácticas tradicionales a metodologías digitales, impulsada por la cibernética, el machine learning, y la fabricación digital. Propone la hipótesis de que esta evolución conduce a una emancipación proyectual y una nueva cosmovisión donde convergen lo digital y lo físico.



<sup>1</sup> “Un ser humano debe ser capaz de cambiar un pañal, planear una invasión, carrear un cerdo, tripular una nave, diseñar un edificio, escribir un soneto, hacer un balance de cuentas, levantar una pared, reducir un hueso, confortar al moribundo, acatar órdenes, dar órdenes, cooperar, actuar solo, resolver ecuaciones, analizar un problema nuevo, palear estiércol, programar una computadora, cocinar un buen plato, pelear eficientemente y morir galantemente. La especialización es para los insectos”. Traducción del autor.

## 1.1. Objeto de investigación. Convergencia y singularidad

La historia cuenta que en 1940 un grupo de cuatro adolescentes franceses, Jacques Marsal, Georges Agnel, Simon Coencas y Marcel Ravidat, se encontraban en las afueras de Montignac, cuando el perro de uno de ellos, de nombre *Robot*, se extravió en los bosques. Los cuatro partieron en su búsqueda, y durante la misma, hallaron un pequeño hueco en la piedra. Los ladridos de *Robot* fueron la guía para el hallazgo, y frente a ellos, quedó al descubierto la entrada a una cueva cuya entidad y proporciones resultaron por completo inimaginadas. Durante los días siguientes los cuatro adolescentes protegieron la caverna, en vista del impacto producido por la observación de su contenido. Esta serendipia fue, a grandes rasgos, el descubrimiento de la cueva de Lascaux. Diferentes imágenes coexistían allí, artes que daban testimonio de una época muy pretérita, y que ponían de manifiesto otras formas de habitar, de documentar y de entender la representación: pinturas rupestres paleolíticas, entre las que destacan animales, colores y formas. Entre ellas, una enorme cantidad de manos, pintadas como esténcil en negativo. No hay certezas sobre su significado, pero sí suposiciones, teorías y una amplia gama de interpretaciones posibles. Una vez concluida la Segunda Guerra Mundial, el gobierno francés se ocupó de su mantenimiento, y el acceso a la cueva se abrió al público. Sin embargo, pocos años después, en 1963, debido a la constatación de que el dióxido de carbono generado por los visitantes constituía un daño irreparable al estado general de las pinturas, se determinó la necesidad de cerrar las puertas para siempre. Como compensación por esta clausura, se construyó por parte de Francia una réplica en escala 1:1 de la cueva, y se reprodujeron también sus espacios interiores y sus pinturas rupestres, como forma de exhibir esos misterios no debelados. La cueva de Lascaux se transformó así en un espacio preservado, congelado en el tiempo; sujeto únicamente a la entropía, pero sin la intervención de lo humano. En su lugar, la réplica conocida como Lascaux II, se erigió como el lugar de visita, de apreciación, y de aprendizaje para miles de personas que desde su creación hasta la actualidad han pasado por allí. Lascaux II es una réplica perfecta (o eso se cree), un sitio de visita obligado para el estudio de la era paleolítica, y un estupendo consenso social donde todos parecen haber comprendido que la necesidad de preservar la cueva original otorga valor a la versión replicada. No obstante, el tiempo fue transcurriendo, y tanto la demanda de los visitantes como el interés suscitado por el sitio arqueológico sufrieron un incremento sustantivo. Hacia 2016, se inauguró el sitio conocido como Lascaux IV, un centro de divulgación de la era paleolítica diseñado por Snøhetta y Duncan Lewis Scape Architecture, erigido en el mismo complejo. Este centro constituye una experiencia de inmersión física y

digital en el arte parietal, que incluye salas customizables, recorridos virtuales, y una replicación digital de todo el contenido de la cueva. Esta réplica se logró a través de técnicas de escaneo láser, y fue posteriormente corregida mediante procesos de restauración agregados, que duraron algunos años. La experiencia general de la visita a Lascaux, a la luz de la pandemia generada por el Covid-19 en el año 2020, estimuló y potenció las instancias digitales de recorrido virtual a través de la red. La cantidad de visitantes virtuales se incrementó, y las posibilidades de acceso a la cueva de Lascaux se multiplicaron. Millones de personas desde cualquier parte del mundo pudieron acceder a las pinturas rupestres y a la sensación de descubrir los rincones y los secretos de un lugar cargado de interés tanto para especialistas como para diletantes.

La cueva devino así -y al cabo de apenas unas pocas décadas- un lugar digital. Pero no solo eso: un lugar digital consagrado a reproducir la vivencia de un lugar de acceso imposible. Lascaux IV cumple, pues, con ser a un tiempo la memoria tangible de un pasado remoto, y una experiencia inmersiva enteramente digital. Lo físico, lo matérico, encuentra así su correlato. Este, como contraparte digital de un vestigio de eras pasadas, lo reconstruye a través de bits al tiempo que desobtura la dicotomía entre lo físico y lo digital, procurando establecer en su lugar una sutil vía de convergencia.

Es acaso imposible sostener que las manos pintadas en Lascaux como esténcil en negativo sean la primera experiencia de su género, dada la más que probable existencia de varias cuevas similares en el mismo período. Pero aún partiendo de esta premisa, resulta asimismo innegable que se trata de una de las primeras actividades creativas de la humanidad. Conjuntamente con la evolución natural de las facultades cognitivas, se fue desarrollando asimismo la capacidad de imaginar, de prefigurar y de realizar. Esta capacidad creadora es la génesis de las artes, las ciencias, la producción tecnológica, y toda acción humana sobre el planeta.

Rendón (2009) apunta que la cultura rupestre marca la maduración del cerebro de un estadio básico hacia uno superior de sus funciones racionales. Así, impulsos de corte religioso -o más bien, mágico- habrían inspirado la pulsión artística. El arte paleolítico es derivación natural del florecimiento del habla y de las funciones racionales superiores. Previo a la palabra, surgió la imagen. En este sentido, la maduración y evolución del cerebro humano coincide con el pasaje de las funciones racionales a un estadio superior, en un proceso continuo. A partir de la bipedación, los cambios profundos en la anatomía del Homo

Sapiens solidifican dos ramas -no antagónicas- de la función psíquica: la función racional y la función creadora. Estas facultades, sumadas a las de la percepción y la memoria -que se comparten asimismo con otros mamíferos- estimulan la representación pictórica primitiva de figuras -como animales de caza-, la construcción de utensilios y herramientas, y la función creativa en general, en su estadio más primigenio. El descubrimiento del fuego, la creación de artilugios a manera de primitivas herramientas, y la expresión pictórica, contribuyeron al incremento sustancial de las capacidades cerebrales. Si bien ya en el Paleolítico el cerebro primitivo podía experimentar la percepción, la memoria, el aprendizaje y la orientación física, la construcción del lenguaje terminaría de compilar la prevalencia de lo racional y lo creativo como funciones superiores (Rendón, 2009). Las manos pintadas en Lascaux como estencil en negativo no tuvieron función específica más allá de la expresión más primal de la pulsión visceral de lo que luego se denominaría "arte". Esto es, la necesidad de asumir el mundo, de interpretarlo, y de crearlo. Antes que el verbo fue la creatividad. Y en función de ambos, se gestaría el mayor desarrollo biológico inteligente conocido hasta el momento: el cerebro humano. Eccles y Popper (2015) proponen una forma de dualismo que sugiere que la mente y el cuerpo son entidades distintas pero interactuantes. Esto es una reinterpretación moderna del dualismo cartesiano, donde la mente influye en el cerebro y viceversa. Estos autores examinan cómo el cerebro, a través de su evolución, ha generado la experiencia subjetiva del "yo". Esta exploración incluye discusiones sobre la autoconciencia, la percepción y la memoria. Aunque el cerebro es producto de la evolución biológica, la creación del "yo" también depende de factores culturales y ambientales, lo que introduce una dimensión social en la discusión sobre la mente. Husserl (2008), en sus reflexiones sobre la subjetividad, propone una interrogante vigente: en la medida en que es la razón cognoscente la que determina lo que es, ¿puede separarse la razón de lo que es? Esta dimensión ontológica define el poder de la subjetividad y establece que el conocimiento pasa necesariamente por ella, sentando las bases del conocimiento como base esencial del ser.

La imaginación dio paso a la realización, a la ejecución de las ideas. Y el producto de la actividad neuronal cristalizó en la materialización de nuevos entornos construidos, prefiguración de escenarios, y planificación del futuro. De este modo, surgieron las distintas formas de asociación y organización social, las ciudades, las actividades económicas, la producción de objetos como fin y la producción de objetos como insumo para nuevas producciones. Y por supuesto, el diseño en todas las escalas. La velocidad del crecimiento de la creatividad humana superó a la capacidad la valoración de su propio impacto. Y así se

imprimió la mayor huella dejada por la humanidad en la Tierra, que es el surgimiento del Antropoceno. Morton (2018) califica a esta -falsa- edad geológica como un proyecto agrilogístico surgido hace doce mil años en la medialuna de las tierras fértiles, pero también en China, Indonesia, África y Latinoamérica. Según el mismo autor, este proyecto fue generado para lidiar con un calentamiento global más bien moderado, pero a consecuencia de ello, la multiplicación de la población hizo posible el surgimiento de la industria y con ella, de la sociedad industrial. Aunque suene irónico, para poder lidiar con un calentamiento global moderado, la humanidad incrementó el calentamiento global, formándose así un bucle al que no se le ha podido encontrar aún una válvula de escape.

La industrialización, la invención de la máquina de vapor, y el surgimiento de la llamada Primera Revolución Industrial son parte del proceso de aceleración del depósito de sedimentos de carbón sobre las capas de la Tierra por la acción humana, iniciada con el Antropoceno. Los gases de efecto invernadero impiden la glaciación, y por consiguiente, fueron y son protagonistas del cambio climático y del proceso de calentamiento global.

La entrada en la sociedad industrial aceleró los procesos de producción en general, los estructuró mediante nuevas lógicas, e incrementó también la innovación y la multiplicación de problemas a resolver por parte del nuevo paradigma industrial. Es en este momento cuando la máquina -como concepto de importancia creciente- comienza a delinear su halo de instrumento redentor, de entidad transformadora de la realidad. En su *Fragmento sobre las máquinas*, Marx (1993) escribe en 1848 “*La naturaleza no construye máquinas, ni locomotoras, ferrocarriles, electric telegraphs, selfacting mules, etc. Son éstos, productos de la industria humana: material natural, transformado en órganos de la voluntad humana sobre la naturaleza o de su actuación en la naturaleza. Son órganos del cerebro humano creados por la mano humana; fuerza objetivada del conocimiento*”. Esta fuerza objetivada del conocimiento referida por Marx cristaliza en la aceleración de la producción de entidades de soporte a la transformación de energía en trabajo, no solo como fin sino como medio para la creación de nuevas entidades o dispositivos. Los diferentes estadios evolutivos de las máquinas son determinados por la complejidad tecnológica creciente de las mismas y su habilidad técnica incremental para el sustento de la actividad humana. En el estadio actual, las tecnologías digitales rigen y canalizan la mayoría de las actividades económicas, sociales y culturales de la humanidad. Gestionan, procesan y analizan cantidades de información de otro modo inabarcables. En el momento presente, prácticamente la totalidad de los espacios y entornos de la actividad humana están sujetos a alguna forma de

administración digital. En diversos gradientes de intensidad según la locación geográfica y el avance de la ciencia y la tecnología, la administración digital del mundo avanza expandiéndose en un ritmo creciente, que más tarde o más temprano acabará abarcando todas las esferas de la actividad humana, afectando incluso factores bióticos y biológicos.

Esta aceleración del avance tecnológico ha logrado edificar mediante máquinas una administración digital del mundo, en la cual subyacen diferentes capas informacionales. Estas capturan, analizan y multiplican datos de forma incremental, obteniendo además conclusiones, análisis profundos y por supuesto, prefigurando escenarios complejos. HAL<sup>2</sup>, la criatura prototípica y en su momento utópica creada por Arthur C. Clark en los años '50, ha dejado de ser un referente icónico de la literatura fantástica para ser una realidad inmersa e inserta en el entramado social de la vida humana. En este escenario, la clave esencial de entendimiento y comprensión, son los algoritmos. Yendo a su definición más simple y más primaria, estos son una secuencia ordenada de procedimientos e instrucciones, pensada de modo de no generar duda alguna acerca de su aplicación. En la segunda década del siglo XXI los algoritmos ordenan y regulan la vida humana; ejecutan instrucciones; controlan las máquinas. Constituyen, según Harari (2017), el nexo entre las ciencias de la vida y las ciencias sociales; o el modo de unificar criterios de evaluación de un mismo fenómeno transversal a varias disciplinas. Esto es, en buena parte, una evolución sobre el pensamiento de Simondon (2007) que ya en 1958 entendía la información como algo inmaterial, pero con propiedades estructurantes; una idea capaz de abarcar a todos los seres vivos en general, seres humanos y seres artificiales en un mismo grupo.

La introducción de la mediación de lo digital en los procesos de diseño ha sido desde sus inicios materia de discusión y de reflexión. Su relevancia creciente e incremental desde la teoría y la práctica del proyecto de arquitectura justifica la necesidad del surgimiento de un campo epistemológico propio para la reflexión crítica. En este contexto, conceptos como arquitectura computacional (*architectural computing*), diseño paramétrico o fabricación digital se posicionan como claves de comprensión de la relación cibernética entre el controlador (el diseñador) y el objeto controlado (diseñado). Es posible definir a grandes rasgos tres modos de incorporación de lo digital al proceso de diseño: como búsqueda de algún tipo de optimización (sistematización, parametrización, diseño paramétrico); como exploración

---

<sup>2</sup> HAL 9000 es el nombre de la computadora a bordo de la nave Discovery en la novela "2001, a space odyssey", de Arthur C. Clark. Su nombre se adoptó tomando como inspiración la sigla IBM –por entonces el mayor líder mundial en informática-, empleando las tres letras anteriores en orden alfabético. Asimismo, HAL también se ha asimilado a *Heuristically programmed Algorithmic Computer*.

tecno-formal o tecno-representativa (diseño digital, VR/AR/MR, NURBS, etc.); o como mediación performativa (fabricación digital, materialización, robótica aplicada). Aunque las fronteras entre los tres conceptos pueden *a priori* parecer claras, la aplicación práctica y la delimitación teórica de su análisis se tornan más difusas y también más permeables entre sí y a las condiciones externas. Esto remite a varios factores, entre ellos la influencia de los distintos sistemas de pensamiento, las relaciones con el entorno, con el mundo físico, y por supuesto con, las relaciones establecidas entre la actividad proyectual, la técnica, y los medios.

En el campo del diseño, y concretamente en la creación del proyecto, la utilización de tecnologías digitales, máquinas robotizadas y algoritmos, tanto en su faceta instrumental como performativa, está dejando de ser un área de estudio particular para transformarse en parte de la nueva normalidad, del nuevo estándar de creación. No obstante, esta circunstancia no determina un quiebre con la tradición de la cultura arquitectónica como muchas veces se ha pretendido insinuar, sino que se posiciona como una continuación evolutiva. Carpo (2018), superado el auge tecnolibidinal de la primera década del siglo XXI, refiere a esto como “la inteligencia más allá del diseño”. La cibernética, como ciencia del control, posiciona al diseñador como operador total del diseño. Wiener (2008) establece en 1948 que “*la cibernética procura hallar los elementos comunes al funcionamiento de las máquinas automáticas y al sistema nervioso del hombre, y desarrollar una teoría que abarque todo el campo del control y de la comunicación en las máquinas y en los organismos vivientes*”. Este pensamiento, con el que se alinearían Harari (2017), Sadin (2018) y otros autores en tiempos recientes, prologa la idea de convergencia físico-digital enunciada en el título de este trabajo. Definido como la tendencia a la unión en un determinado punto, el concepto de convergencia registra diversas acepciones y usos en varias disciplinas, como la matemática, la biología y la estadística. Asimismo, puede adjuntarse la más reciente acepción de convergencia tecnológica, para referir a la yuxtaposición de nanotecnologías, biotecnologías, informática, y cognociencia. Las tecnologías convergentes forman parte sustancial del paradigma de la IV Revolución Industrial, según ha sido definida por Schwab (2017). Las tecnologías implicadas en esta nueva revolución industrial aluden a varios conceptos, tales como: inteligencia artificial, robótica, biotecnología, nanotecnología, Internet de las cosas, *machine learning*, etc. No obstante, es la convergencia de estas tecnologías lo que realmente está construyendo el nuevo y disruptivo escenario.

Partiendo de la consideración del algoritmo como el elemento unificador, como el nexo entre las ciencias sociales y las ciencias biológicas según consigna Harari (2017), es pertinente interpelar esta realidad con el propósito de determinar el espectro de posibilidades para el control algorítmico. Si según la popular máxima del mundo cyberpunk, *el código es la ley*, no es baladí sostener que en ese mismo escenario, *el algoritmo puede ser el Juez*.

Volviendo al fundamento de la cibernética, el control sobre el espectro de dominación algorítmica, donde se incluyen asimismo las disciplinas que involucran el diseño, es puesto en tela de juicio cuando las posibilidades de control comienzan a remitir a un horizonte más bien difuso. El diseñador, para cumplir su función, debe estar en control y conocimiento de las estructuras y las funciones de los algoritmos que rigen su acción. En caso contrario, su rol tiende a volverse más difuso y más carente de posibilidades, según definen autores como Pask (1969) o Frazer (1995).

No obstante, de acuerdo a la tesis de Kurzweil (1990), la utilización creciente de las tecnologías digitales concernientes a la aplicación de la inteligencia artificial a todas las esferas de la vida devendrá más tarde o más temprano en una superación de la inteligencia humana por parte de la máquina. De hecho, es el propio Kurzweil (2012) quien define un estadio próximo de la humanidad donde el crecimiento exponencial de la experimentación y aplicación tecnológica permitirá una explosión de la inteligencia artificial. Mediante un crecimiento que pierde su linealidad para sufrir un proceso de aceleración permanente, los sistemas digitales, las tecnologías de inteligencia artificial y el *machine learning* se adentrarán en todos los terrenos de la ciencia, haciendo converger el mundo de la invención humana, es decir, lo “artificial”, con la biología, la biohibridación y la neurociencia. Shanahan (2015) comulgando con los principios de Kurzweil, establece que, eventualmente, de acuerdo a la evolución acelerada de los acontecimientos y con la tendencia actual, las tecnologías de la información coparán todo el espectro tecnológico y científico humano, produciendo un hito en la evolución de la inteligencia global. A partir de este punto, los algoritmos tendrían la capacidad de replicarse, mejorarse y reconstruirse sin necesidad de lo humano como insumo o como instrumento de control, y su entendimiento podría quedar enteramente por fuera de la comprensión de la inteligencia humana. A esto se le llama *singularidad tecnológica*.

Si bien la llegada de esta singularidad es una hipótesis, un escenario prospectivo que suma adeptos entre técnicos, académicos y filósofos, también acumula detractores en las mismas áreas. En cualquiera de los casos, este posible futuro cercano -está proyectado para el

entorno de 2035 a 2050- moldea un escenario por lo menos inquietante, que debe ser abordado desde la planificación prospectiva tomando en cuenta las tendencias y vectores que en el momento actual conducen a él.

Este trabajo se plantea el objetivo de trazar una genealogía, determinar los orígenes, y prever las implicancias y perspectivas de la singularidad tecnológica, al tiempo que proponer el concepto de convergencia físico-digital para referir a la construcción presente y futura de estrategias, escenarios e hipersticiones capaces de modelar los entornos del diseño. Frente al futuro paradigma de la singularidad, y al advenimiento de la inteligencia artificial fuerte, la idea de convergencia físico-digital se propone como una plataforma de abordaje para la interpretación común de los elementos digitales y físicos, tanto humanos como no humanos en la generación del proyecto y en el diseño en general.

## **1.2. Preguntas de investigación**

- ¿Qué rol pueden tomar la inteligencia artificial y el *machine learning* en el diseño arquitectónico?
- ¿Cómo se define la convergencia físico-digital?
- ¿Cuáles son las líneas evolutivas históricas que promueven la convergencia físico-digital y cuáles son los escenarios (hipersticiones) que se avizoran?

## **1.3. Objetivos**

### 1.3.1. Objetivo general:

Sistematizar y construir una matriz teórica para la comprensión de las relaciones entre lo digital y lo proyectual a partir de su evolución histórica, sus insumos filosóficos, literarios, y tecnológicos, como sustrato fundamental para el escenario hipersticional de una convergencia físico-digital en el marco del probable paradigma de la singularidad.

### 1.4.2. Objetivos particulares:

- Explorar las vinculaciones entre las ideas, las corrientes filosóficas y los hitos históricos que convergen el concepto de singularidad tecnológica.

- Realizar una caracterización de las relaciones entre lo computacional y lo proyectual a través del análisis del avance tecnológico, las experiencias a nivel experimental y el desarrollo académico en los últimos veinte años.
- Establecer las relaciones entre la cibernética, el estado del arte de la tecnología, y determinadas corrientes filosóficas que abordan el escenario hipersticcional de la probable singularidad, de cara a una convergencia físico-digital.

#### **1.4. Hipótesis**

SI1. La aceleración del desarrollo tecnológico desde la Revolución Industrial, la evolución del pensamiento especialmente a través de las corrientes transhumanista, posthumanista y aceleracionista, sumadas a la literatura científica y de ciencia ficción contienen datos portadores de futuro que conducen a un probable escenario de singularidad tecnológica.

SI2. La relación entre lo proyectual y la creciente capacidad computacional a través del *machine learning* y la inteligencia artificial permite avizorar una emancipación del proyecto a través de la superación de la teoría cibernética donde el controlador (el proyectista) irá perdiendo el control sobre la entidad controlada (el proyecto).

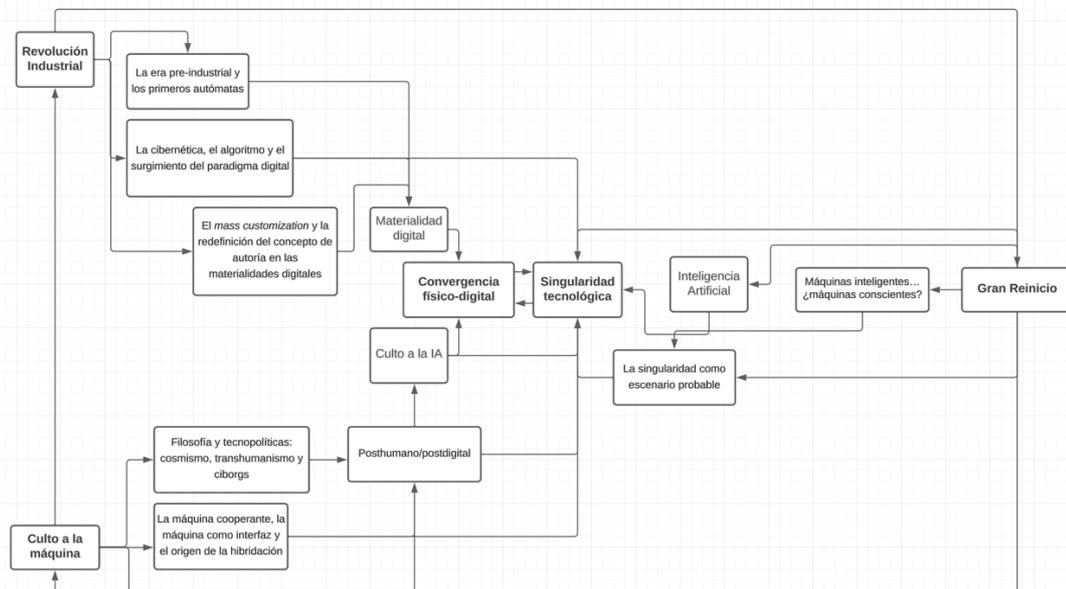
HG. Frente al escenario de una probable singularidad tecnológica, y a la emancipación proyectual post cibernética nutrida esencialmente de los avances del aprendizaje automatizado y la inteligencia artificial, la Cuarta Revolución Industrial prologa un escenario hipersticcional de convergencia físico-digital, en el cual las visiones y concepciones hasta ahora vigentes serán reemplazadas por una nueva cosmovisión holística, en la cual se prevé la comunión plena de las máquinas y la fusión de las inteligencias (humana y artificial) para la concreción de los procesos creativos y proyectuales.

## 2. De la era pre-industrial a la noción de singularidad tecnológica

*“Life is pleasant. Death is peaceful. It's the transition that's troublesome”.<sup>1</sup>*

Isaac Asimov

Este capítulo aborda la transformación de la producción y el pensamiento desde la Revolución Industrial hasta la era digital. Destaca cómo la industrialización marcó un antes y un después en la sociedad, la economía, y la tecnología, poniendo énfasis en el surgimiento del Antropoceno y la influencia de la máquina de vapor en este cambio. Profundiza en cómo la invención del transistor y la Ley de Moore impulsaron la economía digital, modificando las lógicas productivas y conceptuales del proyecto arquitectónico. Examina la automatización, desde los primeros autómatas hasta la robótica avanzada, señalando cómo estas tecnologías han redefinido la interacción humano-máquina, las visiones post y transhumanistas, y han sentado las bases para una convergencia físico-digital. Finalmente, discute el impacto de la digitalización en la autoría y producción en la arquitectura, sugiriendo una reconfiguración de roles en el proceso de diseño hacia una colaboración más estrecha con la inteligencia artificial.



<sup>1</sup> “La vida es agradable. La muerte es pacífica. Es la transición lo que causa problemas.”. Traducción del autor.

## 2.1. De la Revolución Industrial a la materialidad digital

La adopción de lo digital en la arquitectura responde a las lógicas inherentes al cambio de paradigma que se produce al dejar atrás la arquitectura de la industrialización para ser sustituida por la arquitectura de la información. No obstante, esto responde también a la mutación del pensamiento proyectual, que abandona paulatinamente su estructura pensada desde parámetros mecánicos para adoptar nuevas lógicas digitales y algorítmicas.

La Revolución Industrial constituye un hito económico, social y tecnológico, que ocurre en Gran Bretaña durante el transcurso del siglo XVIII y parte del XIX. Sobre su naturaleza, puede destacarse fundamentalmente el pasaje de una economía de base rural a una economía urbana, industrializada, y con un fuerte ascenso del mecanicismo en los procesos productivos. Por primera vez en siglos, la renta per cápita aumentó en forma notable, la producción se multiplicó, y los tiempos de producción se redujeron. Siglos de trabajo enteramente manual, de herramientas rústicas y de tracción a sangre (humana y animal) fueron obturados por el corsé del progreso: la máquina comenzó a tomar el mando.

La industria textil inició una fase de desarrollo acelerado, producto del surgimiento de los telares mecánicos, los sistemas de mecanizado del tejido y la nueva estructura de transporte derivada de la máquina de vapor y el combustible fósil, aplicada al traslado materias primas y productos.

Lovelock (2020), el autor de la hipótesis Gaia<sup>2</sup>, sostiene que es este período el que da inicio al Antropoceno. La máquina de vapor diseñada por Newcomen en 1712, antecesora de la máquina de Watt, establece en buena medida el origen del incremento de la productividad y del pasaje de una economía artesanal a una economía de corte industrial. La clave, según el mismo autor, está en el impulso dado por las fuerzas del mercado. La idea de la máquina de vapor de Newcomen *per se* no hubiera tenido eco o por lo menos no hubiera asegurado su éxito y su desarrollo si no hubiera estado acompañada de una alta rentabilidad. Frente al valor del trabajo humano y de la fuerza animal, la máquina de Newcomen se posicionó como una alternativa más económica, más eficaz, y, por ende, también mucho más rentable.

---

<sup>2</sup> La hipótesis Gaia plantea que la Tierra es una construcción biológica en la que los sistemas vivos desempeñan un papel central en la distribución y abundancia de diversos elementos dispersos en el mar y en la atmósfera. Gaia se comportaría como un sistema autorregulado (que tiende al equilibrio).

El término “revolución industrial” resulta sumamente apropiado para definir esta época. Es un término preciso, pues hablar de revolución implica poner de relieve un verdadero sismo social cuyo resultado fue un aumento considerable y simultáneo del bienestar y de la pobreza. Bienestar, pues las máquinas comenzaron a producir en mayor cantidad y mejor calidad que la producción artesanal, incrementando el acceso a más y mejores bienes de consumo. Y pobreza, porque muchos trabajadores que antes podían alimentarse y alimentar a sus familias con el producto de su trabajo manual, pasaron a integrar el ejército de la mano de obra obsoleta en el nuevo contexto productivo.

Si bien autores como Morton (2019) sostienen que sus inicios fueron en la medialuna de las tierras fértiles, en la antigua Mesopotamia, el mismo Lovelock (2019) apunta que la idea de Antropoceno resulta más acorde con los hechos devenidos con posterioridad a la máquina de Newcomen, y que además este concepto -el Antropoceno- dice mucho más que el de “revolución industrial”. Propone asimismo el inicio de esta edad geológica coincidentemente con el surgimiento de la máquina de Newcomen, definiendo así los últimos trescientos años, en los cuales se pone de manifiesto el aumento radical del depósito de sedimentos de carbón en la atmósfera y el avance y la voluntad de dominio del ser humano sobre todos los aspectos de la Tierra.

Aunque de autoría discutida entre varios autores, se atribuye usualmente a Eugene Stoermer y Paul Crutzen la primera conceptualización del Antropoceno como edad geológica. Esta idea resulta tan sugerente como discutible, y ha sido puesta en debate en numerosas oportunidades. Sobre lo que no quedan dudas es que el Antropoceno sería el sucesor del Holoceno, y según Lovelock (2019), precursor también de la era que él mismo denominó “Novaceno”. Pero más allá de la falta de un consenso general sobre sus orígenes, se abordarán en este trabajo en forma indiferenciada ambas ideas: la de Antropoceno y la de Revolución Industrial, considerándose en ambos casos como la ventana temporal comprendida entre el surgimiento de la máquina de vapor y la actualidad, al margen de las subdivisiones temático-temporales ulteriores, o resultantes del análisis propio de la tesis.

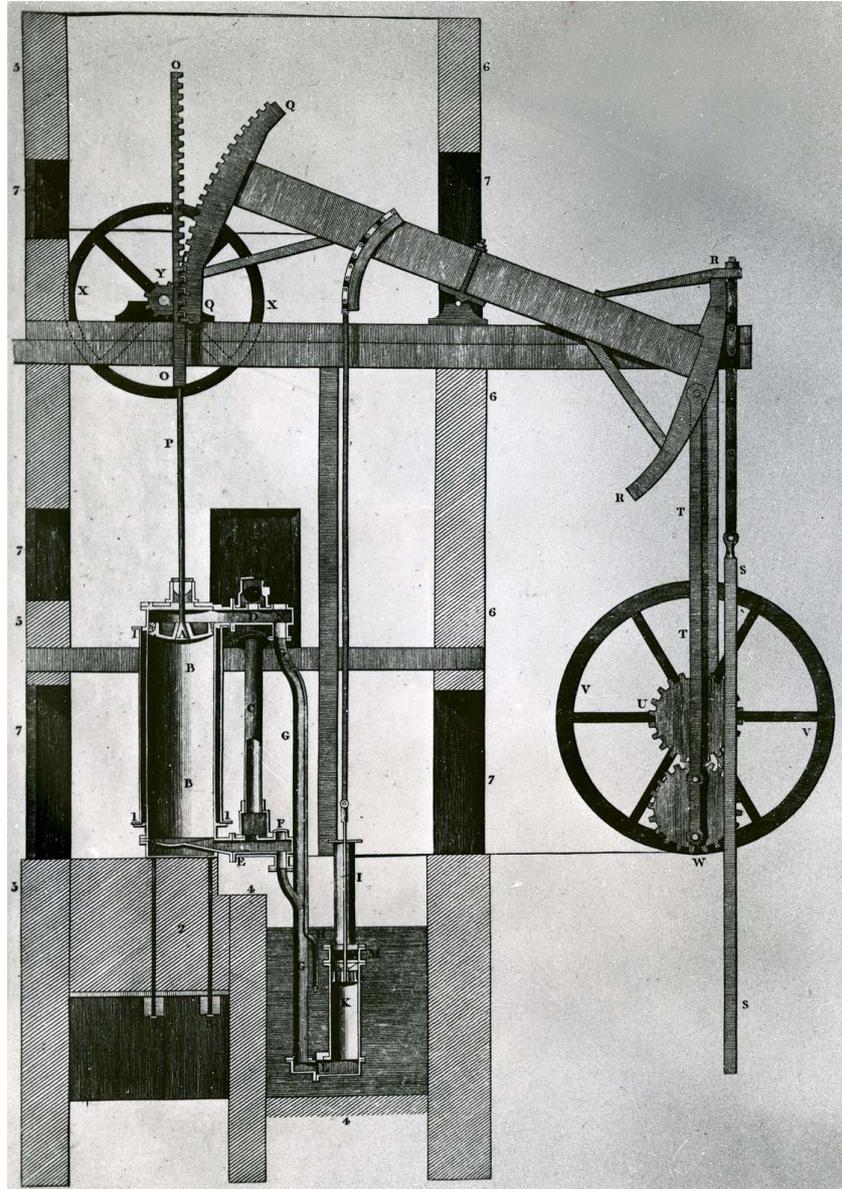
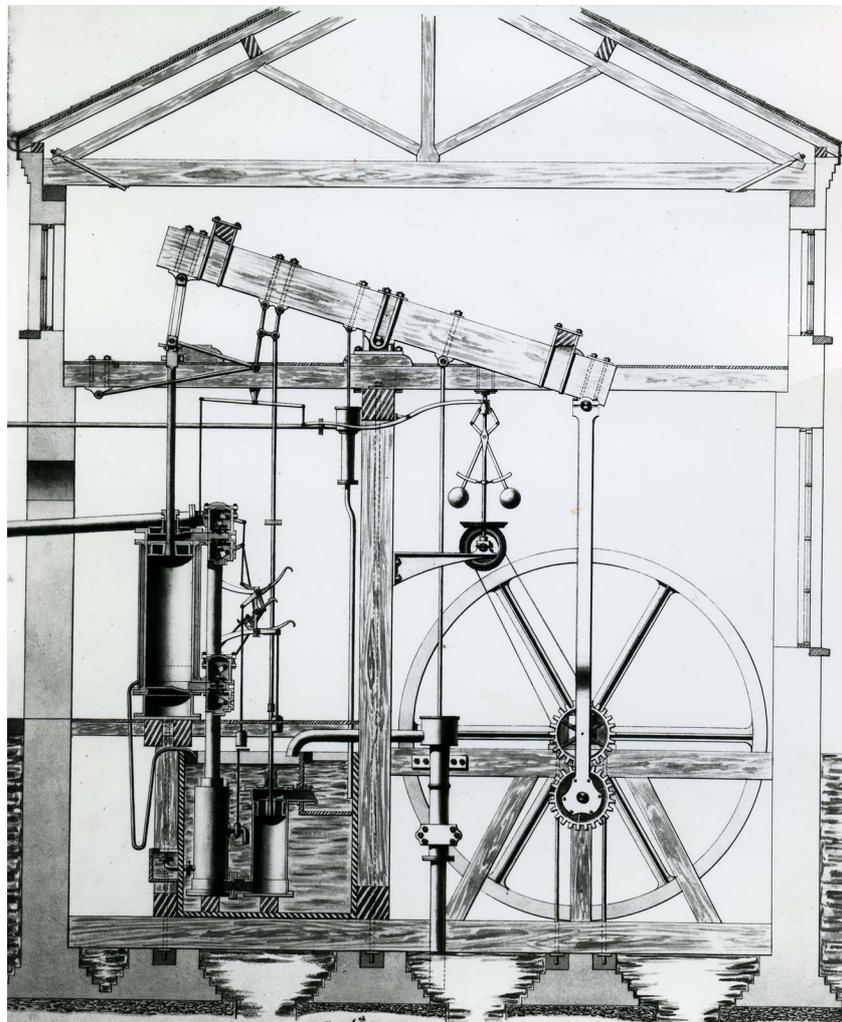


Fig. 01 – Máquina de vapor de Newcomen

Fuente: <https://shorturl.at/rvxD5>



*Fig. 02 – Máquina de vapor de Watt*

*Fuente: <https://shorturl.at/lwyz1>*

El avance tecnológico devenido como consecuencia del empuje producido por la Revolución Industrial resultó determinante en varios aspectos. La máquina de Newcomen y sus posteriores versiones, rediseños y evoluciones, como la máquina de Watt, o antecesores inmediatos, como la máquina de Savery, redundaron en una aceleración incremental de las comunicaciones, del traslado de mercancías, y del comercio en general. Esta aceleración, surgida fundamentalmente de la aplicación de la nueva ingeniería a la creación de máquinas capaces de automatizar procesos y desestimar la fuerza motriz a sangre para sustituirla por la energía convertida en fuerza mecánica, sentó las bases para la primera reducción de tiempos en términos de movilidad. Hasta ese momento, no diferían mucho las velocidades de traslado de las caravanas persas, las tropas de Aníbal o los ejércitos de Napoleón, por referir a épocas considerablemente distantes entre sí. Pero a partir de la aplicación de las tecnologías entonces emergentes de la mecánica, el transporte redujo de manera notable sus tiempos, multiplicando las vías de tren, creando tecnologías de comunicación a distancia y rentabilizando una amplia gama de operaciones comerciales que comenzaron a surgir y a extenderse por buena parte del orbe. Las tecnologías de la mecanización eliminaron puestos de trabajo, así como también ideas y paradigmas que se habían erigido y sostenido durante siglos. La vida urbana masiva emergió como una nueva forma de habitar, y trasladó el centro de las actividades económicas desde el marco de lo rural hacia las crecientes y pujantes aglomeraciones urbanas, las ciudades industrializadas. Todas las actividades humanas se transformaron, muchas se extinguieron y otras tantas mutaron en función de las nuevas prácticas industriales. El surgimiento de nuevas ciudades y la expansión dramática de muchas ciudades existentes son tributarios de la aceleración de las tecnologías promovidas por la Revolución Industrial. También el incremento de la población mundial, que hasta 1800 todavía no alcanzaba los mil millones, y en los doscientos veinte años siguientes superó los siete mil quinientos millones, según UNESCO.<sup>3</sup> La economía del progreso de lo urbano estimuló el incremento acelerado de la población, y con ella, el de las funciones inherentes al desarrollo: industrialización en aumento, desarrollo e investigación científica, sobreexplotación de los recursos naturales, generación de excedentes productivos (*mass production* mediante), multiplicación del comercio internacional, y a consecuencia de todo esto, también un considerable impacto ambiental.

El factor más significativo en la aceleración del fenómeno industrial para su pasaje de una economía de lo mecánico a una economía de lo digital es acaso la invención del transistor

---

<sup>3</sup> [https://www.unescoetxea.org/ext/futuros/es/theme\\_c/mod13/uncom13t01s02.htm](https://www.unescoetxea.org/ext/futuros/es/theme_c/mod13/uncom13t01s02.htm)

Fecha de consulta: Abril 2024

(del inglés: *transfer resistor*), el primer dispositivo electrónico semiconductor, que funciona como una estructura capaz de dar una salida como respuesta a una señal de entrada, inaugurando así lo que más tarde sería la era de los ceros y los unos. Desde su invención en 1948, el concepto del transistor está presente en prácticamente todos los equipos electrónicos en la forma de circuitos integrados. En 1965, Gordon Moore, el co-fundador de Intel, cuando todavía era un empleado de Fairchild Semiconductor, estableció una ley, que es en realidad un enunciado predictivo basado en su experiencia y observación. El mismo se conoce como “la Ley de Moore”, y establece, en pocas palabras, que el número de transistores por unidad de superficie en circuitos integrados se duplicará cada año. Unos años después, en 1975, el propio Moore corrigió su predicción, y la extendió el intervalo referido a dos años. En varias oportunidades, esta regla se cumplió, y en algunos casos incluso se superó.

Aunque la Ley de Moore no habla de potencia de procesamiento sino de densidad de transistores por área (no debe confundirse con la escala de Dennard, que sí habla del aumento del rendimiento), su enunciado pone de manifiesto un salto tecnológico superador en intervalos estimados y comprobables, y aparejado a esto, una multiplicación constante de las unidades de proceso de información. Nacida entonces del mismo proceso de aceleración que inicia con la Revolución Industrial, la Ley de Moore ha sido el soporte al desarrollo tecnológico, y lo ha acompañado, desarrollando el soporte para diversas áreas del conocimiento, que abarcan prácticamente la totalidad de las actividades humanas.

Debido al llamado *trickle-down effect*, la innovación tecnológica disciplinar en el campo del proyecto de arquitectura viene dada por el avance producido en áreas más rentables y mejor capitalizadas, como lo son la industria aeronáutica, la automotriz, la naval, y el diseño industrial (Gronda, 2019). A esto se suma, por supuesto, la industria de la guerra. Tal como sostuvo el filósofo Lewis Mumford (2013), “la guerra es el drama supremo de una sociedad enteramente mecanizada”. Hasta la Revolución Industrial, las guerras fueron brutales, pero basadas esencialmente en el combate cuerpo a cuerpo, o el lanzamiento de proyectiles mediante artilugios o ingenios precarios. La Guerra Civil americana es quizá la primera experiencia bélica alimentada por la maquinización del Antropoceno: la ametralladora diseñada por Richard Gatling y precursora de las ametralladoras modernas fue estrenada en este conflicto. El bombardeo de Guernica o la masacre de Dresde son ejemplos claros del poder y del desarrollo de la capacidad destructiva, producto de la nueva ingeniería. Las pruebas nucleares de Alamogordo, en Nuevo México, que calcinaron una capa de la Tierra y

produjeron un nuevo material por vitrificación conocido como trinitita, sentaron además las bases para los bombardeos de Hiroshima y Nagasaki, mostrando al mundo el horror de la mayor destrucción generada por la acción humana en una acción bélica. Tal vez estas experiencias tan marcadamente negativas hayan sido el detonante del escepticismo y el miedo que se ha esparcido globalmente hacia la energía nuclear. Irónicamente, tal vez por este sentimiento generalizado, el Antropoceno prefirió profundizar en el uso de energías almacenadas en el carbón y el oxígeno para alimentar sus máquinas, empleando así una fuente insostenible y desencadenante de -por lo menos- una buena parte del calentamiento global. Tal como sostiene Morton (2018), para lidiar con el calentamiento global, el sistema construyó una logística que contribuyó a aumentarlo, generando así el bucle actual.

De las tecnologías de uso militar y su industrialización, devienen como derrame disciplinar las aplicaciones de lo digital en el proyecto, no como revoluciones sino como giros, por parafrasear a Carpo (2011). Justamente por ese efecto de derrame, se trata de aportaciones usualmente testeadas, probadas y mejoradas a partir de su fin original. Si bien se trata de aportaciones de enorme consistencia y de un impacto más que notable, Ortega (2013) en su tesis doctoral fundamenta la utilización del término “giro” en vez de “revolución” para referir a este fenómeno. Según esgrime, a diferencia de la noción kuhneana de paradigma, en la cual hay una ruptura generalizada, una incompatibilidad plena con el modelo desplazado, la idea de giro se asume como una reconstitución del foco de atención de manera de reconfigurar las fronteras disciplinares, ampliándolas. El impacto de lo digital en el proyecto, pues, como derrame disciplinar de otros campos, se asume como un giro epistemológico, que obliga a repensar las fronteras y los límites de la acción sobre el proyecto. Carpo (2012) identifica un primer giro digital reflejado en el proyecto, que ubica entre 1990 y 2010. Su caracterización principal es la de un optimismo de ribetes tecno-pornográficos, al tiempo que una anegación morfológica en función del uso indiscriminado de *splines* y curvas de Bézier. Un segundo giro, según el mismo autor (Carpo, 2017), comprende los años siguientes hasta 2018, y pone su énfasis en las herramientas CAD-CAM, la parametrización, el *scripting* y la fabricación digital. A esta etapa la denomina “la inteligencia detrás del diseño”. De ambos giros digitales puede extraerse el concepto de *materialidad digital*, que *a priori* podría considerarse un oxímoron, pues es una creencia común que la relación entre los objetos digitales y los no digitales debe partir necesariamente de oposiciones binarias tales como: digital/analógico, virtual/real, o inmaterial/material. A partir estos pares binarios pretendidamente antinómicos, puede inferirse que lo digital posee exclusivamente una dimensión inmaterial; y que la dimensión material, existe exclusivamente como soporte de la

primera. Sin embargo, la noción de materialidad digital trasciende esta simplificación. En esta tesis, se considerará la conceptualización de Chiarella y Gronda (2019), que la definen como el estadio actual de asimilación de las lógicas digitales en los procesos de ideación arquitectónica. Esto implica una consideración integral del proceso proyectual a partir de la seriación, iteración y variabilidad de resultados posibles, donde lo digital se traspone con la materia en una suerte de sutil equivalencia de átomos y bits. Así, las tecnologías aplicadas han difuminado los procesos de ideación, representación y producción, para proponer en su lugar una vía de convergencia físico-digital. Esta convergencia es producto de la aceleración del desarrollo tecnológico, de la carrera por la automatización, de las nuevas lógicas productivas derivadas del Antropoceno, y del derrame disciplinar sobre el redibujo de las fronteras conceptuales del proyecto. El factor común a todo esto es el desarrollo de la máquina como concepto y su contribución al pensamiento humano desde nuevas perspectivas.

Las etapas del desarrollo de la máquina desde la Revolución Industrial a la fecha se suceden, se superponen y se solapan, y admiten muchas y diversas categorías de análisis. En esta tesis, se abordará una caracterización consistente en: la era pre-industrial (hasta la invención de la máquina de Newcomen en 1712); la era industrial, que abarca hasta 1948 con la creación del transistor; la era de la información, hasta 1989 con la caída del Muro de Berlín; la era del conocimiento, hasta la crisis Covid-19 de 2020; y se propone asimismo una era de la sabiduría, iniciando en la actualidad, con el *machine learning* y la inteligencia artificial como vectores hacia la singularidad tecnológica, entendida como paradigma interpretativo de los futuros por venir.

### 2.1.1. La era pre-industrial y los primeros autómatas

La noción de autómatas, de la que devienen muchos conceptos, ideas y desarrollos actuales, tiene orígenes atávicos, que se remontan a varias fuentes de la imaginaria fantástica, en especial al terreno de la leyenda, la tradición, y del vasto universo de lo literario. Un ejemplo bastante lejano, o al menos lo suficiente como para poder proponerlo como un posible origen de las líneas argumentales que conducen hacia la singularidad es *el mito del Golem*.

Aunque se trata de una leyenda popular judía centroeuropea, su valor adquiere dimensión universal, si se toma en cuenta la repercusión literaria posterior en la obra de diversos

autores -Jorge Luis Borges acaso el más notable entre ellos- y las ideas que de este germen han devenido en forma de conceptos, desarrollos, y realidades tecnológicas complejas.

Como mito emparentado directamente con la Creación, según el Antiguo Testamento, la historia medieval del Golem tiene diferentes versiones. La más corriente es la del ser hecho de barro o arcilla. Un ser creado artificialmente a partir de materia inanimada, pero que adquiriría la capacidad de obedecer las instrucciones que le daba su creador, el rabino Löw. Según la leyenda de Praga, su cometido era defender al barrio Joséfov, mediante las instrucciones escritas en el pergamino que el rabino introducía en su boca. El autómata estaba controlado por su creador, aunque errores u omisiones en la redacción de sus órdenes podían llevar a que el mismo se saliera de control, o bien cometiera actos para los cuales no había sido programado. En pocas palabras, aparece una figura de controlador-creador, una figura de objeto creado-controlado que asume además una forma humana, y una serie de instrucciones, que conforman el código de control, dotando así al objeto creado-controlado de poder de acción bajo las órdenes recibidas. Así es como termina por convertirse en un autómata. Sin entrar en excesivos vericuetos argumentales, la evolución del concepto del Golem apunta a una figura de ente controlable, artificialmente creado, que podría eventualmente salirse de los límites impuestos por su controlador. Sobre este concepto abordará su estudio la cibernética en el siglo XX, tal como se verá más adelante.



*Fig. 03 – Escena de la película “Der Golem” de 1920.*

*Fuente: <https://shorturl.at/klpJV>*

Las dos o tres décadas que componen la era inmediatamente pre-industrial, así como los años inmediatos a la génesis de la industrialización surgida a partir de la máquina de Newcomen, son un período de incipiente efervescencia en relación a la noción de automatización. Esta es una idea que, aunque heredada de siglos anteriores, comienza a cobrar importancia a fuerza de volverse posible. Es así como comienzan a aparecer los primeros mecanismos y las primeras ingenierías en aras de lograr alguna forma de automatismo.

Los autómatas imaginarios dan lugar entonces a la creación de autómatas físicos, pertenecientes al mundo de la mecánica industrial. En este sentido, cabe destacar algunos ejemplos, canalizados en algunas figuras entre las cuales cabe destacar a Jacques de Vaucanson, Joseph-Marie Jacquard y Ján Vlk Kempelen.

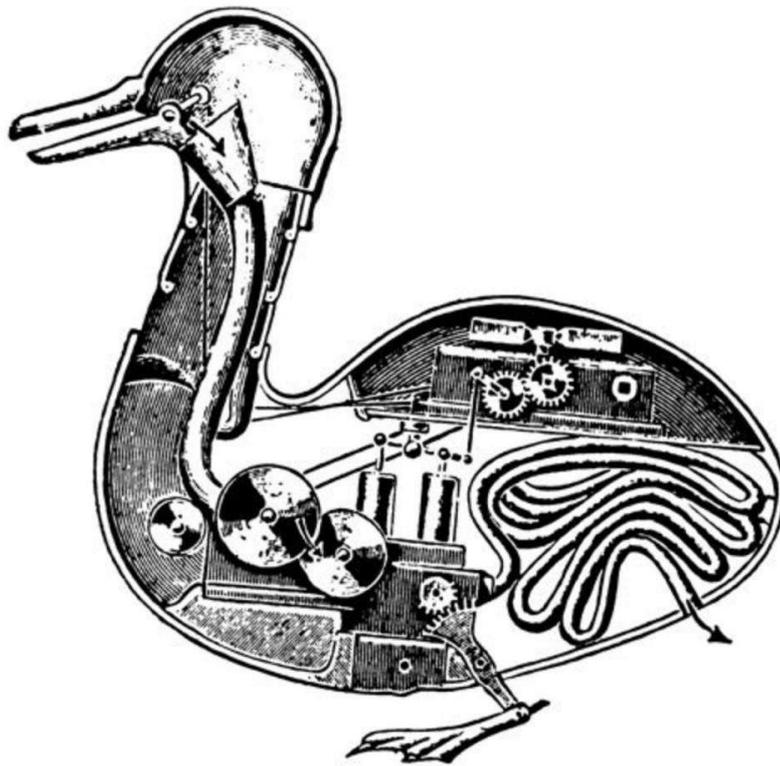
Al primero de ellos, se le atribuyen invenciones geniales para su época, como “El flautista”<sup>4</sup> de 1737, un autómata de aspecto y rasgos humanos que podía tocar la flauta mediante una estructura basada en resortes y engranajes; también “El tamborilero”<sup>5</sup> de 1738, con similares características, pero con una habilidad musical orientada hacia la percusión; y, por último, la que se considera su obra maestra, “El Pato con aparato digestivo”<sup>6</sup> de 1739. Este autómata no refería a una figura humana sino a un espécimen animal, un ave capaz de ingerir cierto tipo de granos, procesarlos mediante trituración, y excretarlos como fin del proceso. El pato podía además mover la cabeza y realizar uno o dos movimientos con sus alas, como forma de emular el comportamiento de un pato biológico. Es decir, un pato real. La importancia de este pato mecánico estriba -más allá del artificio en sí como entidad autómata- en los desarrollos posteriores del mismo Vaucanson que, aprovechando las estructuras mecánicas creadas para el funcionamiento del pato, logra desarrollar un sistema de automatización para el hilado de la seda, constituyendo así un elemento precursor de los telares automáticos. Estos devendrían posteriormente como rasgos definitorios de buena parte de la Revolución Industrial.

---

<sup>4</sup> “Joueur de Flûte”

<sup>5</sup> “Joueur de Tambourin”.

<sup>6</sup> “Le canard digérateur”



*Fig. 04 – Le canard digérateur*  
Fuente: <https://shorturl.at/b1456>



*Fig. 05 – Telar de Jacquard.  
Fuente: <https://shorturl.at/KL029>*

Es precisamente Joseph-Marie Jacquard, el segundo caso a referir en este apartado, quien comprende la relevancia de la automatización aplicada a los procesos productivos, especialmente en el desarrollo de la industria textil, algo que se ve reflejado en el incremento de la producción para responder a una demanda que comenzaba a crecer, y a acelerar su ritmo de expansión inexorablemente.

Tomando algunos de los principios de mecanización diseñados por Vaucanson y por otros inventores de la época, entre los que destaca Basile Vouchon con sus primeros telares, Jacquard logró reformular una automatización exitosa pensada en base a tarjetas perforadas. Una tecnología que se mantendría por décadas y sería parte integral de la carrera por la digitalización. Las tarjetas perforadas de Jacquard funcionaban mediante orificios en piezas de cartón que permitían el pasaje de agujas e hilos formando un patrón que definía la estructura del tejido.

El telar de Jacquard, como tantos productos surgidos de la Revolución Industrial, destapó al mismo tiempo admiración y recelo. Admiración de la grey técnica y cultural del momento, y recelo de los tejedores artesanales, que temían que su oficio se volviera obsoleto. No obstante, el instrumento diseñado por Jacquard que automatizaba la creación de tejidos presentó tantas ventajas que su adopción no pudo ser ya contrarrestada, y diez años después de su invención ya se había distribuido en más de diez mil unidades por toda Francia (Huchard, 1998).

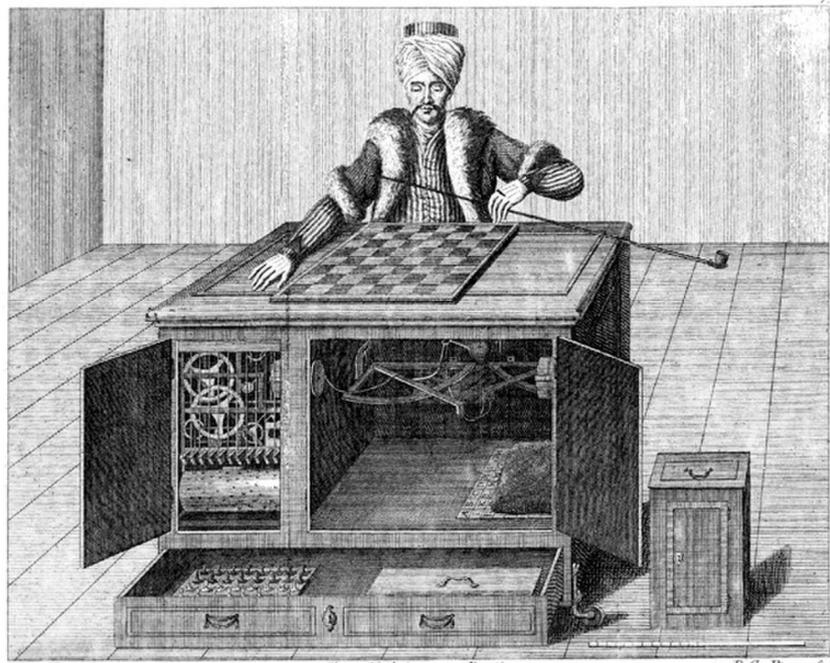
La tercera referencia no se trata de un autómatas en sentido estricto, o de un mecanismo automatizado con alguna finalidad productiva. Corresponde a Ján Vlk Kempelen, conocido en la corte vienesa de fines del Siglo XVIII como Wolfgang von Kempelen, quien se destacó fundamentalmente por tres cosas: por sus cualidades como ajedrecista; por haber sido consejero de la emperatriz María Teresa I de Austria; y por algunas invenciones como “la máquina parlante”, que iniciaron de algún modo el camino hacia la fonética experimental. Pero por sobre todo, Kempelen adquirió notoriedad por otra de sus invenciones, que constituyó una de las más geniales tramoyas de la época. Se trató de una estructura mecánica compleja conocida como “El turco”. El carácter genial de esta farsa trasciende las peculiaridades técnicas de sus engranajes, mecanismos de movimiento y manejo ergonómico de los espacios interiores de la estructura.

Tratándose de un dispositivo nunca antes visto, “El turco” asombró primero en la corte vienesa y luego su fama trascendió las fronteras del imperio austro-húngaro. Consistía en la figura corpórea de un autómeta de rasgos humanos, que podía jugar al ajedrez sobre un tablero incorporado y aplicar diferentes estrategias dentro de las reglas del juego. Era tan bueno que pudo batir a reconocidos ajedrecistas de la época y logró un vasto reconocimiento en el contexto cultural de ese entonces. Para muchos, se trató de una experiencia temeraria, pues ese hecho abría una puerta hacia un futuro lleno de indeterminaciones, hacia un tiempo de lo incierto.

Años después, luego de haberse demostrado como una farsa donde un hombre se escondía dentro de la estructura para activar los mecanismos de movimiento de las piezas en el tablero, esta invención sirvió asimismo como uno de los detonantes de inspiración para la creación de varios diseños de telares mecánicos, incluido el de Jacquard. Así, las estructuras capaces de tejer mediante engranajes y artilugios ingenieriles proliferaron y aceleraron la producción textil hasta límites en ese momento inimaginables. Más allá de esta influencia directa, “El turco” inspira otra constatación irrefutable: se había instalado por primera vez de modo creíble la idea de que la ingeniería y la mecánica podían simular una mente humana, y esa idea era -y sigue siendo- a todas luces, inquietante.

“El turco” era una mente humana simulando ser una máquina que simulaba ser una mente humana. Aun tratándose de un embuste, se considera de uno de los primeros casos donde la voluntad de hibridación entre lo humano y lo no humano -en este caso entre humano y máquina- se expresaba como una simbiosis plena. Acaso una idea precursora de lo que posteriormente referiría Haraway (2020) con su Manifiesto Ciborg: el rechazo a las delimitaciones conceptuales entre “humano”, “animal” y “máquina”. Lo ciborg es entonces una idea ambigua: es un ente que se fusiona, se mezcla y se confunde, distorsionando las demarcaciones rígidas y “seguras” de las taxonomías heredadas.

De este modo, el análisis del vector de la automatización de procesos, desde la visión ciborg, reclama la disolución de fronteras, la permeabilidad inter sistémica y la interoperabilidad en todos sus niveles, tejiendo así una hibridación continua y en permanente crisis. Es en este sentido que los primeros autómetas inician un camino y exponen además el germen de lo que luego se convertirá en una marcada tendencia: la hibridación y la convergencia de lo humano y lo no humano.



*W. de Kempelen del. Che a Schach, cascau. Brasilia. P.G. Renty, sc.  
Der Schachspieler, wie er vor dem Spiel sitz, zeigt uns die innere Einrichtung. In der Hand des Spielers, ist ein Schach, das er vor dem Spiel zeigt.*

Fig. 06 – Representación de “El turco” de von Kempelen.

Fuente: <https://rb.gy/1mwyuh>

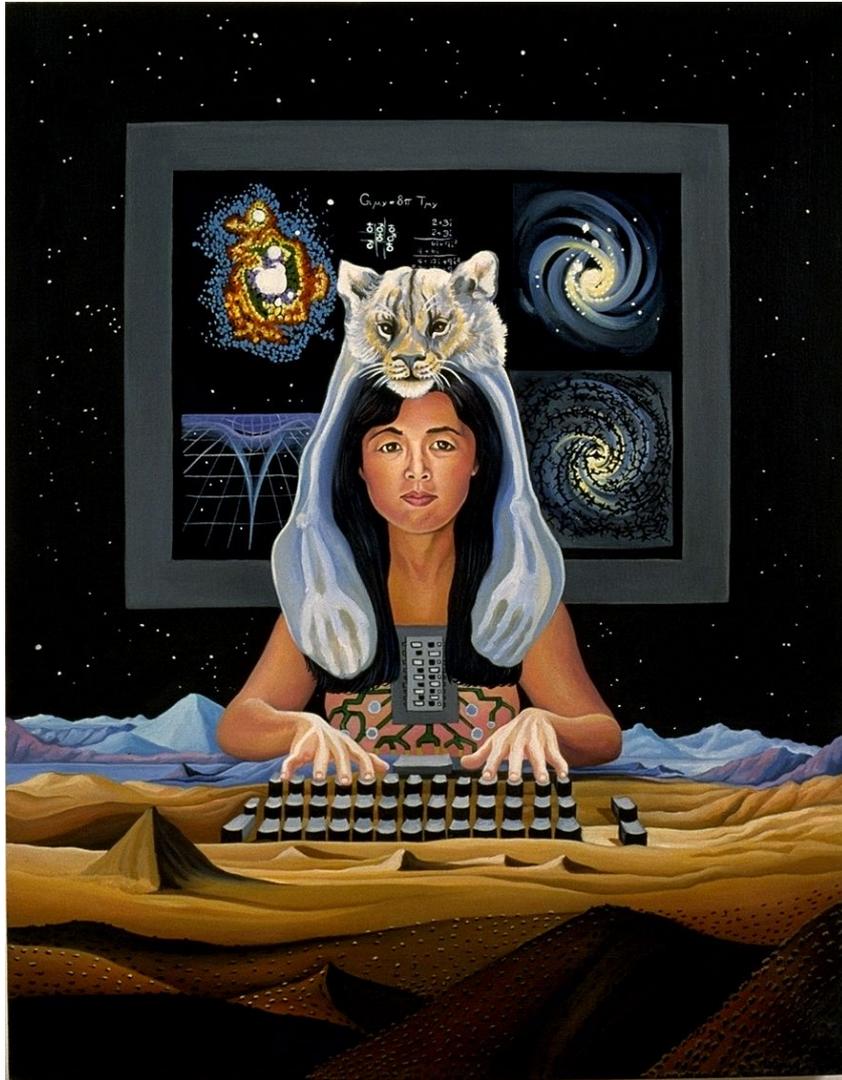


Fig. 07 – Arte de tapa de *Cyborg Manifesto*, de Donna Haraway.

Fuente: <https://rb.gy/d8hzki>

### 2.1.2. La cibernética, el algoritmo y el surgimiento del paradigma digital

La permeabilidad inter sistémica dada por el inicio de la hibridación y la convergencia entre lo humano y lo no humano establecida durante la Revolución Industrial, esencialmente a partir de los procesos de automatización, pone de relieve la cuestión del control. La máquina, aún el autómeta, es una entidad que debe ser controlada. Independientemente de su naturaleza y su función. En su obra “Cibernética o el control y comunicación en animales y máquinas”, Norbert Wiener establece los principios y finalidades de ese control. Desde el fin del período bélico que cierra con la segunda guerra mundial, Wiener trabajó fundamentalmente en la teoría de los mensajes, no sólo como estudio del lenguaje sino como medio para manejar aparatos o grupos humanos. Esto abarcó el desarrollo de máquinas de calcular y otros autómetas similares, que anexaban además sendas reflexiones sobre la psicología y el sistema nervioso, llegando incluso a generar una tentativa para el enunciado de una nueva hipótesis del método científico (Wiener, 2008).

La cibernética, entendida como ciencia del control, esto es, como el campo interdisciplinario que aborda los problemas de la organización y los procesos de retroalimentación y transmisión de informaciones en máquinas y entidades biológicas, abre un espectro de potencialidades que amplía la esfera de análisis de las relaciones entre entidad controlante y objeto controlado. De esta esfera de análisis se nutren vastos campos epistémicos, de los cuales se sirven asimismo las aplicaciones tecnológicas de la mecanización, la automatización, y posteriormente, la digitalización.

En sintonía con la tendencia a la creación de autómetas mecanizados, corresponde asimismo hacer referencia al que se considera el primer robot humanoide de la historia<sup>7</sup>, diseñado por Joseph Barnett, de la Westinghouse Corp. En 1939, apenas algunos años antes del nacimiento de la cibernética como disciplina, veía la luz Elektro, una entidad autómeta mecánica de aspecto ligeramente humanoide que, aun pesando más de ciento veinte kilogramos, podía realizar diferentes movimientos en interacción con un interlocutor humano, a través de comandos de voz. Fue presentado durante la Feria Mundial de New York de 1939, y aunque su funcionamiento al día de hoy podría considerarse tosco e incluso bastante rudimentario, a la sazón supo ser una asombrosa pieza de mecanización

---

<sup>7</sup> Fuente: <https://spectrum.ieee.org/amp/elektro-the-motoman-had-the-biggest-brain-at-the-1939-worlds-fair-2650277507>

Fecha de consulta: Agosto 2024

automatizada, que poseía diversas habilidades. Entre ellas, la hablar y la de fumar. Un año más tarde, en la misma feria, Elektro volvió a estar presente, esta vez acompañado de Sparko, otro autómeta en forma de perro, que acompañaba a Elektro emulando un comportamiento canino, ya que podía, mediante engranajes, mover las patas y la cola; incluso ladrar. Además de la obvia trascendencia como conquista tecnológica, la importancia de Elektro y Sparko estriba en la materialización de un símbolo de esperanza, de progreso, y de fe tecno-científica, especialmente en un período dominado por las guerras y la instauración de una incertidumbre global sobre el futuro próximo. La máquina había sido liberada. Quedaba pendiente el abordaje de sus dinámicas y estrategias de control. Y para ese fin surge la cibernética.

En 1968, la exposición “*Cybernetic Serendipity*”, curada por la artista Jasia Reichardt y llevada a cabo en el Institute of Contemporary Arts de Londres, pone en relieve la importancia de esta ciencia en varios campos, especialmente en el arte y el diseño. Con este propósito, la muestra abarca una serie de instalaciones que incorporan luz, sonidos, sensaciones hápticas, efectos visuales, y entornos kinéticos, teniendo como premisa o como base medular la noción de interacción humano-máquina. Esta muestra traza un surco sobre el que se grabará la idea de que la interoperabilidad entre ciencia, tecnología y arte constituyen un campo de estudio -en ese momento incipiente- pero portador de un enorme potencial de desarrollo futuro.

Es Gordon Pask quien en esta muestra trabaja en la instalación conocida como “Colloquy of mobiles”, consistente en un sistema informático responsivo, compuesto por cinco elementos móviles. A través de la luz y el sonido, los elementos giratorios suspendidos del techo se comunicaban entre sí, independientemente de las influencias externas. No obstante, la interacción venía dada por el uso de linternas y espejos, a través de los cuales los asistentes a podían participar “interviniendo” en la conversación entre las máquinas. Con la realización de esta instalación, Pask concluyó su idea de un “entorno potencial estético”. La relevancia del trabajo de Pask en esta muestra se incrementa al analizar sus trabajos posteriores a nivel de proyecto, pues es él quien inicia el principal recorrido analítico de las relaciones entre la cibernética y el diseño, tal como expresa en su texto “*The architectural relevance of cybernetics*”, de 1969<sup>8</sup>. Allí establece una idea que se entiende pertinente resaltar en esta tesis, y es la noción de la arquitectura como idea evolutiva. Sostiene Pask:

---

<sup>8</sup> Nota en “Architectural Robotic Lab” de Cornell University. Fecha de consulta: Noviembre 2022. [https://arl.human.cornell.edu/879Readings/GordonPask\\_Architectural%20Relevance%20of%20Cybernetics.pdf](https://arl.human.cornell.edu/879Readings/GordonPask_Architectural%20Relevance%20of%20Cybernetics.pdf)

*“Systems, notably cities, grow and develop and in general evolve. Clearly, this concept is contingent upon functionalist/mutualist hypothesis (without which it is difficult to see in what sense the system itself does grow) though the dependency is often unstated. An immediate practical consequence of the evolutionary point of view is that architectural designs should have rules for evolution built into them if their growth is to be healthy rather than cancerous”*<sup>9</sup>

En estas palabras se pone en relieve la idea de que el arquitecto debe estar comprometido con las propiedades evolutivas del diseño y no ser un mero observador de la evolución natural del mismo, con lo que se vuelve sobre la estructuralización cibernética del diseño como objeto que debe ser controlado mediante reglas si no establecidas, por lo menos, conocidas. Así como la creación de un proyecto arquitectónico funcionalmente se concibe como un sistema, la ejecución del proyecto en sí -su materialización, su trasposición física- también constituye uno.

Esta concepción, establecida por Pask, va más allá de lo que llama la arquitectura “pura” del siglo XIX. Aunque establece con ella algunas características en común, como el hecho de proveer de un metalenguaje para la discusión crítica, la teoría cibernética de la arquitectura se propone además como una estructura de pensamiento dotada de potencial predictivo. Derivada de un contexto reactivo y adaptativo, la misma entiende el diseño como un sistema que se define en cinco etapas: especificación o propósito del sistema, con relación a los usuarios, determinando una serie de restricciones en relación a la definición del camino evolutivo; elección de los materiales básicos del entorno; elección de las invariantes sobre las que se montará el sistema; especificación de los aspectos del entorno sobre los que se deberá aprender y sobre aquellos sobre los cuáles deberá adaptarse; y finalmente, la elección de un plan de adaptación y desarrollo. Pask ofrece asimismo una reflexión final:

*“Depending upon the time constraints and the degree of flexibility required, it is more or less convenient to use a computer”*<sup>10</sup>, para rematar diciendo: *“Further de design goal is nearly always underspecified and the controller is no longer the authoritarian apparatus which this purely technical name commonly brings to mind. In contrast, the controller is an odd mixture of catalyst, crutch, memory and arbiter. These, I believe, are the dispositions a designer*

---

<sup>9</sup> “Los sistemas, especialmente las ciudades, crecen y se desarrollan y, en general, evolucionan. Claramente, este concepto depende de la hipótesis funcionalista/mutualista (sin la cual es difícil ver en qué sentido crece el sistema en sí), aunque la dependencia a menudo no se expresa. Una consecuencia práctica inmediata del punto de vista evolutivo es que los diseños arquitectónicos deben tener reglas de evolución incorporadas para que su crecimiento pueda ser saludable y no canceroso”. Traducción del autor.

<sup>10</sup> “Dependiendo de las restricciones de tiempo y el grado de flexibilidad requerido, sería más o menos conveniente utilizar una computadora.” Traducción del autor.

*should bring to bear upon his work (when he professionally plays the role of the controller) and these are the qualities he should embed in the systems (control systems) which he designs”.*<sup>11</sup>

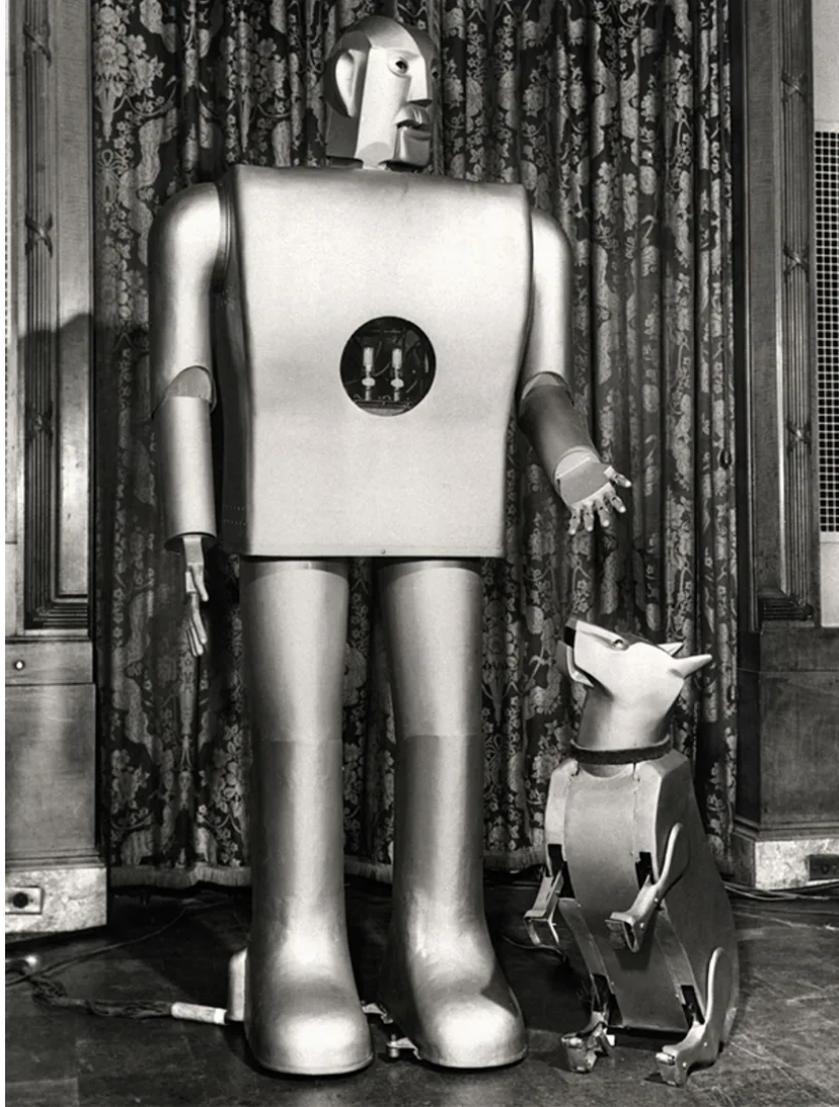
---

<sup>11</sup> “El objetivo de diseño casi siempre está subespecificado y el controlador ya no es la entidad autoritaria que este nombre puramente técnico suele traer a la mente. En contraste, el controlador es una extraña mezcla de catalizador, muleta, memoria y árbitro. Estas, creo, son las disposiciones que un diseñador debe aplicar en su trabajo (cuando desempeña profesionalmente el papel de controlador) y estas son las cualidades que debe incorporar en los sistemas (sistemas de control) que diseña.” Traducción del autor.



*Fig. 08 – “Colloquy of mobiles” en la Cybernetic Serendipity de 1968.*

*Fuente: <https://rb.gy/3q6lda>*



*Fig. 09 – Elektro y Sparko en la Feria Mundial de New York, 1940.*

*Fuente: <https://rb.gy/cih5uf>*

La teoría cibernética de la arquitectura de Pask evoluciona sobre algunos de los conceptos vertidos por Beer (1964) y su posteriormente conocido enfoque de sistemas viables. Probablemente su aportación más considerable sea la de definir el proceso del diseño como un sistema abierto, lo cual, según algunos autores como Villegas Ballesta (2016), constituyó la base para la superación del funcionalismo imperante y su consiguiente reemplazo por una lógica donde -retomando a Wiener- lo informacional se diferencia tanto de la materia como de la energía.

Esta emancipación de lo informacional abre el espectro a nuevas interpretaciones proyectuales donde la información se libera en cierto modo de su soporte físico, y permite incluso su modelación, planificación y estructuración de manera estratégica, generando una inmaterialidad estructurante, y al mismo tiempo un correlato antropológico, tecnológico y ético (Simondon, 1958).

Es precisamente esa inmaterialidad estructurante aportada por la cibernética, la que se plantea asimismo como eje vertebrador del paradigma digital, e introduce una serie de conceptos que se volverán recurrentes a partir de los años '50 y '60, dando lugar a un nuevo léxico del lenguaje disciplinar: diseño asistido por computadora, CAD/CAM, algoritmos generativos, matrices, diseño paramétrico, fabricación digital, y más recientemente, redes neurales, robotización, o inteligencia artificial, entre otras tantas.

Siguiendo la línea de pensamiento de Pask arriba referida, la cibernética encuentra en la computación -y por ende, en la digitalización- una aliada para afrontar la creciente complejidad de los sistemas creados, y así poder hacer frente a su regulación, determinación, y potencial desarrollo.

Sadin (2013) refiere a la aptitud computacional para procesar números descomunales de datos, caso por caso, mediante procesos agregativos, al que se adhiere además una vocación deductiva llevada adelante por algoritmos *ad hoc*, cuya misión puede ser la de reducir contingencias, o bien optimizarlas, mediante una suerte de "clarividencia evaluativa".

Jacques Ellul ya en los años '70 había pronosticado que: "*el universo cifrado de las computadoras se convertirá progresivamente en el universo que tenemos por la realidad y en el cual nos insertaremos*" (Ellul, 1977). Esta afirmación, precursora de la idea actual del *metaverso* y de la duplicación digital del mundo, comienza a sentar las bases para el

desvanecimiento relativo de la mecánica operativa en función del ascenso de la gestión y control computacional de los datos. Y a través de esta cualidad, asegurar también del control general del conjunto de las máquinas, bajo las reglas establecidas por la cibernética.

No obstante, es Simondon (1958) quien abre la puerta a las posibilidades de lo incierto y de un estadio superior de la tecnología: *“El verdadero perfeccionamiento de las máquinas, aquel del cual se puede decir que eleva el grado de tecnicidad, corresponde no a un aumento del automatismo sino, por el contrario, al hecho de que el funcionamiento de una máquina preserve cierto grado de indeterminación. Es este margen el que le permite a la máquina ser sensible a una información exterior”*. Conceptualmente se expresa en esta frase la posibilidad liberadora, emancipadora de las reglas preestablecidas, en función de un *expertise* adquirido y presumiblemente autónomo. Si el algoritmo se nutre del *big data*, y en base al *machine learning* logra establecer relaciones nuevas y construir nuevos vínculos entre los datos, entonces la hipótesis de que las reglas de control contemplarán la resultante puede pasar a ser, por lo menos, puesta en duda. Y surge asimismo la idea de una posible forma de superioridad cognitiva artificial, acaso el “demiurgo inmanente-electrónico” que menciona Sadin (2018).

Schwab (2017), que introduce el concepto de Cuarta Revolución Industrial, inicia la discusión en este mismo sentido, postulando la integración tecnológica de las sociedades en todas las escalas: desde sus infraestructuras construidas hasta los cuerpos individuales, fusionando tecnología y biología, átomos y bits, mediante la integración -o fusión- convergente de la robótica, la inteligencia artificial, la nanotecnología, la computación cuántica, la internet de las cosas, la fabricación digital aditiva, y la automatización inteligente en general.

Ahora bien, corresponde aclarar que la inteligencia artificial -algorítmicamente generada- no es una equivalencia tecnológica de la inteligencia humana, ni es la versión maquínica-duplicada de la inteligencia biológica. Aún así, es menester poner de relieve su trascendencia, como soporte activo de las múltiples tecno-realidades derivadas de la cuarta revolución industrial. Lovelock (2019) ejemplifica esto con el siguiente caso: en 2015 Lee Sedol, el mejor jugador de go del mundo, fue batido por la inteligencia artificial (IA) AlphaGo, de Google. Esto no parecería tan inesperado, tomando en cuenta que ya desde 1997 la IA DeepBlue había vencido en el ajedrez a Gary Kasparov, el mejor jugador de todos los tiempos. Sin embargo, hay que tener en cuenta el marco regulatorio de ambos juegos.

Mientras en el ajedrez las reglas son precisas y estrictas, en el go las mismas son mucho más amplias y dan lugar a una mayor creatividad estratégica. El factor de ramificación (“branching factor”) del ajedrez es de treinta y cinco, mientras que en el go es de doscientos cincuenta. Esto hace que la formulación de ambas IA difieran radicalmente en su modo de actuar. Mientras que en el caso de DeepBlue la IA funcionaba por fuerza bruta en función de una biblioteca de juegos previos, en AlphaGo se utilizaron dos sistemas combinados: *machine learning* y *tree-searching*, generando la habilidad de aprender y de auto-enseñarse.

Sin entrar en consideración de lo que Harari (2016) llama el “dataísmo”, o la visión casi religiosa del gobierno de los datos, se presenta un escenario donde el postulado de Simondon arriba referido cobra especial trascendencia, puesto que se deberán formular nuevos marcos de análisis como evolución natural de la cibernética, de modo de poder integrar las materialidades digitales en un entorno de convergencia.

### 2.1.3. El *mass customization* y la redefinición del concepto de autoría en las materialidades digitales

La concepción de la producción en serie, hija de la Revolución Industrial, vivió su auge expansivo en los albores del siglo XX de la mano de la industria automovilística. Es también conocida como *mass production*, y sienta las bases del mayor vigor productivo de los últimos ciento veinte años. Acrecentado además por lo que McNeill y Engelke (2016) denominan “la gran aceleración”, su impronta se hace aún más visible a partir de 1945, cuando una vez concluida la etapa bélica, buena parte de la investigación militar se abre a nuevos usos, y ese derrame disciplinar marca el rumbo hacia el desarrollo de nuevas tecnologías, y con ellas surgen nuevas aplicaciones productivas de las tecnologías ya desarrolladas. Si cabe el paralelismo, una forma de exaptación acelerada que repercute sobre todos los aspectos de la producción global.

La producción masiva o *mass production* cimentó el éxito y el desarrollo de las grandes y pequeñas empresas y encontró en el taylorismo su sustrato filosófico y operativo. Partiendo de las concepciones originalmente promovidas por Ransom Olds para la industria automotriz, que fueron luego continuadas por Ford, la producción en serie fue ganando terreno mediante su expansión a todas las disciplinas y áreas del pensamiento. Esto incluyó, por supuesto, su incorporación en teorías de proyecto que implementaron la división de tareas y su especificidad, así como también la racionalización y la producción seriada de

elementos constructivos tendientes a la estandarización de la producción arquitectónica. Esto es visible en una parte del movimiento moderno, así como en varias tendencias estilísticas posteriores, que estimularon este tipo de producción. La gran aceleración referida por McNeill y Engelke (2015) acompañó así un incremento productivo notable en función de la búsqueda de estándares optimizados, y también aceleró el incremento sustancial del depósito de sedimentos de carbón sobre las capas de la atmósfera.

No obstante, al margen del éxito obtenido en la optimización de costos y beneficios, la concepción productiva del *mass production* ha sido sometida a revisiones, no solo con el propósito de mejorar procesos sino también a través de otras miradas, críticas e incluso disruptivas, como la que ofrece Davis (1996), a quien se considera el creador del término *mass customization*: “*As the new economy matures, many new concepts, theories, and frameworks will develop that the appropriate to actual conditions, not holdovers from the industrial economy. One seems to be particularly ready to make its debut now: mass customization*”<sup>12</sup>. Bajo esta nueva óptica, se instalará una visión crítica que afectará la idea de producción seriada en todos los campos. El mismo Davis (1996) en su texto “*Future perfect*” destaca el carácter aparentemente contradictorio de nuevo paradigma (la “personalización masiva”), pero también pone en relieve el valor de la variación y de la unicidad del resultado por encima de la seriación, a través de las tecnologías CAD/CAM. Esta idea tomará impulso en el siglo actual, y se instalará como la concepción productiva innovadora por antonomasia fundamentalmente a partir del llamado “giro digital” (Carpo, 2012).

Este cambio conceptual afectará además la noción tradicional de autoría, heredada del Renacimiento y de la visión expresada por Alberti en su texto de 1485 “*De re aedificatoria*”. Es precisamente Carpo quien introduce estas reflexiones en el campo del proyecto arquitectónico, en “*El alfabeto y el algoritmo*” (2011), a las contribuirán también reconocidos autores, como Ortega, Kolarevic, Pinto Duarte, o Caché, entre otros. De acuerdo a la visión de Carpo, los formatos tradicionales heredados para la notación del proyecto (léase, plantas, cortes, fachadas), serán reemplazados por lo que llama “*doppelgänger digital*”, una entidad con carácter interactivo, y probablemente también inmersivo. Es este nuevo modelo el que ofrecerá distintas posibilidades de participación, diluyendo la idea de autoría tal como se ha

---

<sup>12</sup> “A medida que la nueva economía madure, se desarrollarán muchos conceptos, teorías y marcos nuevos que se adapten a las condiciones reales, no a los vestigios de la economía industrial. Uno parece estar particularmente listo para hacer su debut: la personalización masiva.” Traducción del autor.

interpretado y transmitido desde los tiempos de Alberti. La elección será entre ser autores o interactuantes, dependiendo del rol adoptado en la cadena de acción proyectual. Si se toma en cuenta la idea de “*objectile*” expresada por Caché (2015) y heredada de Deleuze, la nueva dictotomía será entre diseñar *objectiles* o diseñar objetos. Mientras que estos últimos pertenecen al viejo paradigma de la producción masiva y mecánica, los *objectiles* pertenecen al universo de la variabilidad y de la participación colectiva, donde la autoría tradicional cede ante el abanico de posibilidades y la multiplicación de opciones.

Es precisamente esta idea de *objectile* la que contribuye a definir lo que hoy se concibe como una serie no estandarizada. Esto sería, pues, un objeto genérico. En este punto, Carpo (2005) plantea que género y especie no son, de hecho, conceptos nuevos. Son en todo caso conceptos escolásticos, aristotélicos. Mientras que el género define familias o clases de objetos que tienen algo que los agrupa o los define, la especie refiere al aspecto de esos objetos, a su apariencia. La variabilidad no define pues la autoría, sino que abre una miríada de opciones donde el rol tradicional se pone en cuestionamiento. Los objetos como tales, pertenecen a la vieja visión del mundo de lo mecánico, la cosmovisión de la identidad, del centralismo y de la jerarquización. Los *objectiles*, en cambio, pertenecen al nuevo mundo digital de la variabilidad y la personalización. Las metodologías *file-to-factory*, así como la intermediación de agentes de software propietario, implicarán una difusión aún mayor a la hora de determinar los roles y las jerarquías del concepto de autoría. Carpo (2011) presagia que el rol tradicional de autor puede no sobrevivir al giro digital. De hecho, sostiene que la arquitectura misma precede tanto a Alberti como a la reproducción seriada, y podrá seguir existiendo sin que estos dos hitos sean indispensables para su existencia.

Ortega (2017) presenta dos casos que define como paradigmáticos y significativos en la construcción de la noción de autor. El primero de ellos es la construcción de la cúpula de la catedral de *Santa Maria dei Fiori*, en Florencia, obra de Filippo Brunelleschi; el segundo, la ya referida teoría albertiana según la cual el proyecto se diferencia de la obra, siendo esta última una copia material del modelo descrito en los recaudos gráficos y las notaciones del proyectista. Pueden apreciarse aquí dos visiones en cierto sentido antagónicas. Mientras que en la primera, la obra se constituye como el resultado de la acción directa, en el segundo se instala una mediación entre el autor y la materialización del proyecto. Esta mediación es, precisamente, la existencia de sistemas de representación, que actúan como intérpretes entre ambas partes. Esta brecha, que resulta fácilmente extrapolable al giro digital, puede también verse reflejada en la intermediación producida por el software de

diseño. Si bien el uso de lo digital y de la potencia computacional como motor del proceso creativo, introduce la variabilidad como un elemento trascendente, esto no es condición *sine qua non* para que el resultado de esa intermediación digital posea un carácter culturalmente digital. De hecho, el propio Ortega ejemplifica esta idea haciendo referencia a la obra de Gehry, catalogándola como “*una consagración de la cultura mecánica realizada digitalmente*” (Ortega, 2017).<sup>13</sup>

Un interesante argumento presentado por Caché y Beaucé (2004) para superar las delimitaciones entre autor y obra, consiste en la posibilidad del autor de diseñar su propio código, no diseñando, sino calculando. Esta idea es superadora de las obturaciones aportadas por el uso de un software determinado, que al margen de la habilidad del autor como usuario, restringe las posibilidades creativas y se mueve además dentro de márgenes desconocidos, difusos, como los que definen el uso de todo software propietario.

El planteo de Caché, según Ortega (2017), abre el campo de acción hacia una parametrización más directa, por estar orientada hacia la acción directa de creación misma del código. Y es este accionar directo el que posibilita también la interferencia o la participación de agentes externos, mediante variables en las que pueden operar tanto elementos humanos como máquinas. Así, la diferencia entre diseño y producción que caracterizó al modelo albertiano y a la cultura de la producción mecánica, se torna difusa y sin fronteras precisas en el nuevo paradigma digital. En este nuevo escenario al que tanto Allen (2020) como Chiarella y Gronda (2017), denominaron *materialidad digital*, el *workflow* permite pasar del código a la materialización, sin depender directamente de un sistema de representación. El control de la representación se desplaza hacia el control de la producción. De este modo, en un sistema de código abierto, ya no existe intermediario entre el creador y la máquina, abriéndose un camino de convergencia entre lo físico y lo digital.

---

<sup>13</sup> Esto, en referencia al uso metodológico de Gehry, consistente en la creación de maquetas, y su posterior digitalización del modelo.



*Fig. 10 – Cúpula de Santa Maria del Fiori, en Firenze.  
Fotografía del autor.*

## 2.2. Del culto a la máquina al culto a la inteligencia artificial

Como en tantas áreas de la actividad humana, la influencia que la cultura -primero literaria, luego cinematográfica- ejerce en la comprensión y creación del conocimiento, resultan de particular relevancia a la hora de analizar los caminos por los que se ha transitado hasta el presente actual, y esbozar asimismo las posibles hipersticiones que erigirán los probables futuros.

El culto a la máquina es, naturalmente, tributario de la Revolución Industrial. Por lo visto en los apartados precedentes, y por el aura redentora que la mecanización creó sobre sí misma a través de los beneficios aportados al bienestar global, su trascendencia se incrementó hasta cobrar un valor histórico superlativo. Esta trascendencia se ve reflejada en la ciencia, en la tecnología, en la filosofía, en las artes, y en general en todos los aspectos de la cultura. No obstante, merece especial destaque dentro de estos elementos definitorios de la cultura, el género literario. No en vano, nociones de desarrollo tecnológico actualmente en boga, como la idea de “inteligencia artificial”, “robot”, o “ciberespacio”, tienen su origen en la narrativa fantástica. Y se trata de un origen más pretérito que lo que comúnmente se supone, a partir del cual han evolucionado otras artes y otras ramas del pensamiento, como la epistemología, y las corrientes filosóficas actuales.

En 1859, cuando Charles Darwin publicaba “El origen de las especies”, no solo se revolucionó el paradigma científico que explicaba los orígenes de la humanidad, sino que además se instaló la idea misma de evolución. Es a partir de ella, que Butler (2012) ya en 1872, escribe su novela “Erewhon”, una extensa sátira a la sociedad victoriana, en la que se aborda la coyuntura de la maquinización. Se trata de una novela que se puede presentar como hija de su tiempo y, por ende, como un derivado directo de la Revolución Industrial. En ella, la máquina es analizada como objeto transformador, como entidad transformadora por antonomasia. Pero también, se le atribuye, basándose en las ideas darwinianas, la posibilidad de evolucionar por selección natural. Y de este modo, acceder a lo que, por primera vez, se concibe como cierta capacidad de conciencia en la acción. Autores como John Ruskin y William Morris, del movimiento Arts and Crafts, tenían una visión anti tecnológica, pero en otro sentido: ellos veían a las máquinas como amenaza para la producción artesanal. Butler en cambio, va más allá. No refiere a máquinas capaces de realizar tareas de modo automático, ni a entidades autómatas en el sentido de búsqueda de la mejora productiva -como bien pudieron ser los telares de Jacquard, por ejemplo-, sino que

aborda por primera vez la cuestión de la inteligencia artificial como evolución “natural” de las máquinas, y con ella, la idea de replicación y especialmente la de auto replicación, un concepto que ha nutrido desde los albores del siglo XXI a la filosofía *DIY*<sup>14</sup>, la cultura *maker*, y por supuesto, las lógicas de funcionamiento de los FabLabs. Esto queda especialmente manifiesto en este pasaje:

“Cabe afirmar que, si una máquina puede reproducir otras máquinas sistemáticamente, tiene un sistema reproductor. ¿Qué es un sistema reproductor, sino un sistema que reproduce? ¿Y cuántas máquinas existen que no han sido creadas sistemáticamente por otras máquinas? Sin embargo, es el hombre quien les hace reproducirse. Sí, pero ¿acaso no son los insectos los que hacen reproducirse a las plantas? ¿No se extinguirían muchas especies de plantas si su fertilización no la llevasen a cabo agentes completamente ajenos a ellas mismas? ¿Afirmaría alguien que el trébol rojo carece de sistema reproductor solamente porque el abejorro (y únicamente el abejorro) tiene que ayudarlo y estimularlo para que se reproduzca? No, nadie. El abejorro es parte del sistema reproductor del trébol. Cada uno de nosotros ha surgido a partir de microscópicos entes cuya naturaleza es completamente diferente de la nuestra y que han actuado a su manera sin pensar o considerar nuestra opinión al respecto. Estas diminutas criaturas son parte de nuestro sistema reproductor, entonces ¿por qué no podemos ser nosotros parte del sistema reproductor de las máquinas?”<sup>15</sup>

En este pasaje, se ponen en marcha engranajes que sustentan la narrativa de la potencialidad de reproducción de las máquinas, y posiciona en la misma al factor humano como responsable, controlador, y como parte integral de ese proceso reproductivo. Las máquinas, dentro de esta narrativa, llevan la evolución hacia la inteligencia en su propio “código genético”, pero requieren de la actividad humana para completar la función reproductiva.

Butler, narra una situación satírica, pero también distópica. El nombre mismo de la novela, que describe el lugar donde se desarrolla la trama, es una trasposición de la voz inglesa *nowhere*, es decir, ningún lugar. Este sitio que no existe físicamente, cimienta, desde su

---

<sup>14</sup> *DIY: Do-It-Yourself*.

<sup>15</sup> “Libro de las máquinas”. Fragmento del Capítulo 24 de “Erewhon o al otro lado de las montañas”. Samuel Butler, 1872.

imaginación y su prefiguración, ideas que a la sazón se considerarían ideas del futuro. En otros términos, podría decirse que con esta obra contribuyó a urdir las tramas de varias ideas y desarrollos tecnológicos ulteriores, así como también a sustentar varios conceptos y paradigmas de la actualidad. La inteligencia de las máquinas, en tanto concepto, nace pues de la literatura. Lo mismo ocurre con otros conceptos que han evolucionado a lo largo de las décadas, y se nutren de la idea de automatización inteligente, como lo es el hoy corriente concepto de “robot”.

Es precisamente a partir de la obra de teatro de Karel Čapek, *Rossumovi univerzální roboti*, de 1921, cuando la idea medieval del Golem y la de la evolución de las máquinas se mixturán para moldear el concepto de un ente orgánico, una especie de máquina bio inspirada con aspecto humano y con la habilidad distintiva de la inteligencia. A este concepto en la obra de Čapek se lo denominó *robot*. Un término que, al margen de su significación original en la obra<sup>16</sup> y de la lógica evolución que impone el paso del tiempo, pervive hasta hoy con una rutilante aura de actualidad.

Con el devenir de las décadas, la robótica se constituyó en una disciplina nueva y pujante, y la robotización de todas las áreas de la acción humana comenzó a gestarse. Tan seductor fue el concepto de robot desde sus inicios, que fue primero adoptado por la ciencia ficción a través de la obra de un vasto número de autores, entre ellos Philip K. Dick, Isaac Asimov, Arthur C. Clarke, Robert Heinlein o H.G. Wells, y posteriormente por la industria, tanto militar, aeronáutica, automovilística, logística, constructiva, etc.

La inclusión de la robótica en los sistemas de pensamiento durante las primeras décadas del siglo XX, abonó el terreno para el surgimiento de filosofías e ideologías inspiradas en la proliferación de máquinas inteligentes, máquinas cooperantes, y fusiones humano-máquina, estas últimas como motor de lo que hoy se conoce como *human enhancement*, o mejoramiento humano. La visión de la tecnología como agente de redención tuvo en la robotización un vector de desarrollo potente. Asimismo, esta visión fue abonada también por los constructos imaginados desde la ciencia ficción, y especialmente por la idea de inteligencia artificial, que ha ido migrando desde las narrativas del *sci-fi* a la aplicación directa en un número incremental de actividades humanas. De este modo, el culto a la máquina, iniciado con la Revolución Industrial, adquiere especificidades que acompañan el devenir del desarrollo tecnológico, y sostiene los datos portadores de futuro que parecen

---

<sup>16</sup> Proviene de la palabra checa “robotá”, que alude a “trabajo duro” y a la noción de esclavitud.

allanar el camino hacia la singularidad. De estos caminos posibles se nutren filosofías como las corrientes transhumanistas, en sus diversas versiones; o las perspectivas posdigitales y posthumanas, con sus partidarios y detractores, tal como se verá en los apartados siguientes.



*Fig. 11 – Representación de la obra Rossumovi univerzální roboti, de Karel Čapek.*

*Fuente: <https://rb.gy/ski4ci>*

### 2.2.1. La máquina cooperante: la máquina como interfaz y como vía de hibridación

En la actualidad, prácticamente la totalidad de los espacios y entornos de la actividad humana están regidos por alguna forma de administración digital. Es decir, una forma de administración servida, regida u orientada por una máquina. En diversos gradientes de intensidad según la locación geográfica y el avance de la ciencia y la tecnología, la administración digital del mundo avanza expandiéndose en un ritmo incremental, que más tarde o más temprano acabará abarcando todas las esferas de acción de la humanidad. Incluso, interviniendo sobre factores bióticos y biológicos (Sadin, 2013).

Detrás de esta administración digital misma subyacen diferentes capas informacionales, que capturan, analizan y multiplican datos de forma exponencial, obteniendo además conclusiones, análisis profundos y por supuesto, prefigurando escenarios complejos. HAL<sup>17</sup>, la criatura prototípica y en su momento utópica creada por Arthur C. Clark en los años '50, ha dejado de ser un referente icónico de la literatura fantástica para ser una realidad inmersa e inserta en el entramado social de la vida humana, que se encuentra sujeto a la capacidad de registro, trazabilidad y prospectiva, que solo son posibles en un mundo digitalmente administrado. En este escenario, la clave esencial de entendimiento y comprensión, son los algoritmos.

Pero, ¿qué sería un algoritmo? La definición de la Real Academia Española indica que es un “conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema”. En términos computacionales, se considera que es una secuencia ordenada de procedimientos e instrucciones, pensada de modo de no generar duda alguna en quien debe aplicarlo. Esta última salvedad cuenta con validez si quien aplica el algoritmo es un ser humano. Pero, ¿tiene la misma validez si quien lo aplica es una máquina? La pregunta es, por lo menos, inquietante. La capacidad incremental de procesamiento predicha por la Ley de Moore ha logrado que la informática actual sea cada vez más potente en su capacidad de cálculo, y por supuesto también en su capacidad de asimilar algoritmos también incrementalmente complejos.

---

<sup>17</sup> HAL 9000 es el nombre de la computadora a bordo de la nave Discovery en la novela “2001, a space odyssey”, de Arthur C. Clark. Su nombre se adoptó tomando como inspiración la sigla IBM –por entonces el mayor líder mundial en informática-, empleando las tres letras anteriores en orden alfabético. Asimismo, HAL también se ha asimilado a *heuristically programmed algorithmic computer*.

Hoy por hoy, los algoritmos ordenan y regulan la vida humana. Constituyen, según Harari (2016), el nexo entre las ciencias de la vida y las ciencias sociales; o el modo de unificar criterios de evaluación de un mismo fenómeno transversal a varias disciplinas. HAL está presente –tolérese esta sinécdoque-, aunque su presencia esté desterritorializada. Existe repartida entre salas de servidores enterradas en Texas, en California, en Dublín o en Guangzhou, entre muchos lugares más. HAL existe y se replica a sí misma en modo permanente, al tiempo que crece y aumenta su potencia de cálculo y su capacidad ya no simplemente de asumir algoritmos dados, sino de crearlos en función de intereses múltiples. Pero HAL también se ha disgregado en diversos agentes que no siempre ni necesariamente funcionan de modo coordinado. No obstante, el cruzamiento de datos es paulatinamente más automatizado y también más sencillo con la capacidad de cómputo actual.

Las máquinas de información, interconectadas y automatizadas, se planean desde las neuronas, se diseñan desde los bits y se soportan desde los átomos. En su ritmo acelerado de superación, administran a la vez que construyen nuevas informaciones, y tejen la red inabarcable de datos que nutren la vida humana actual. La información es una materia prima que se replica, que se multiplica para producir nuevas informaciones a través de algoritmos, métodos heurísticos y tecnologías especializadas. Es un fin a la vez que un medio para la generación de nuevos recursos informacionales.

Kurzweil (1999), que en cierto modo removi6 la escena te6rica a fines de los a6os ochenta con su predicci6n de la era de las *máquinas inteligentes*, pronostic6 el auge de los *smartphones* (antes de su existencia incluso como prototipo), la explosi6n de Internet (a la saz6n una tecnología para pocos usuarios y casi sin contenidos), la masificaci6n de las tecnologías inalámbricas (el actual “*cloud*”), y el rol de las nuevas tecnologías como contrapeso a los regímenes totalitarios de la época (fines del siglo XX y principios del XXI).

Las máquinas inteligentes, según Kurzweil, serían capaces de recopilar informaci6n acerca de todo el conocimiento humano, procesarlo y producir nuevas instancias informacionales con potencia incremental. Así, en 1996 el proyecto Deep Blue de IBM derrot6 por primera vez a Gary Kasparov en el ajedrez. Más recientemente, Alpha Go, otro motor de IA pudo con Ke Jie, el mejor jugador de go del mundo. Los creadores del proyecto AlphaGo presentaron sus resultados en el Future Go Summit en China, anunciando asimismo la retirada de la competici6n, al considerar que no es posible ya para ninguna mente humana batir la fuerza desarrollada por esa tecnología.

Las máquinas inteligentes definen y moldean en la actualidad gran parte de las actividades humanas. No obstante, al margen de la predicción realizada por Kurzweil en los lejanos años ochenta, la era de las máquinas inteligentes también tiende a ser superada. A través de la masificación de Internet, el acopio de información realizado mediante algoritmos de rastreo, que involucran la determinación de datos personales, intereses, geolocalizaciones, y demás informaciones que definen y delimitan la órbita informacional de una persona o un grupo social se ha incrementado de modo exponencial. El *Big Data* es hoy un instrumento de análisis extremadamente cercano al tiempo real. Su manejo implica la necesidad de buscar patrones de entendimiento, claves de comprensión, y análisis de datos que trascienden las posibilidades humanas y requieren de una capacidad computacional cuyo nivel de crecimiento no parece vislumbrar un techo (Christensen, Horn y Johnson, 2008).

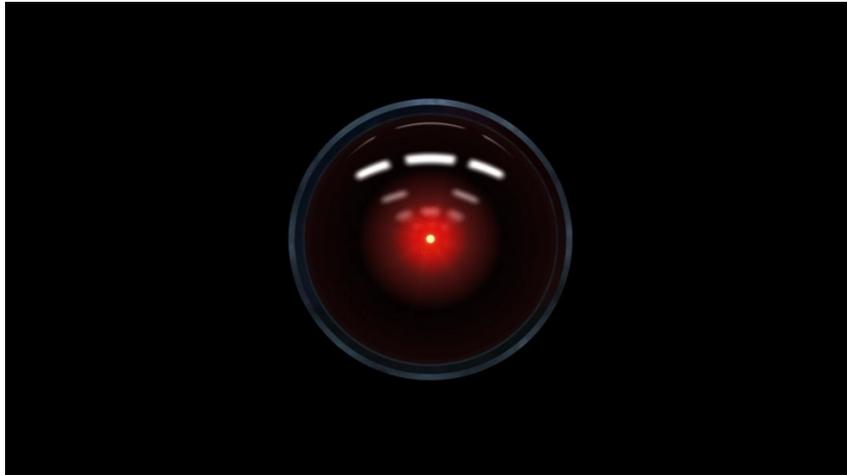
La voluntad de tener una copia cifrada de cada fragmento del mundo no deja de intensificarse, constituyendo así un proceso de duplicación digital virtualmente en vías de consumación (Sadin, 2013). Acaso también una consumación en orden inverso del sueño de Leibniz de un universo creado a semejanza del código, donde las máquinas reconstruyen el código a posteriori, partiendo de lo físico<sup>18</sup>. Aunque pueda sonar algo inquietante, no es menor que se logre concretar así una fantasía metafísica de más de tres siglos.

La duplicación cifrada abarca la idea y la materia. Lo físico y lo digital, lo pensado y lo hecho, lo virtual y lo actual. Depositada en espacios disgregados, protegidos y mayormente desconocidos, fabrican en derredor una cobertura misteriosa, hierática, que en su propia condición naturaliza su existencia misma. Tecnologías como la realidad aumentada (*AR/augmented reality*), o la realidad mezclada (*MR/mixed reality*), se visualizan como herramientas de uso innovador pero rápidamente asimiladas en un número creciente de disciplinas, desde la ingeniería a la medicina, pasando por la mecánica, la enseñanza, el universo lúdico, y por supuesto, la construcción de entornos, a través de la combinación de aspectos físicos y digitales, de los que sobreviene, entre otras construcciones, el proyecto de arquitectura. La construcción digital del mundo (o su duplicación), a través de tecnologías de relevamiento satelital, de escaneo fotográfico, de algoritmos para seguimiento de conductas, de máquinas visibles e invisibles destinadas a mapear, replicar –e incluso predecir- el comportamiento humano, abre una ventana de estudio hacia una humanidad

---

<sup>18</sup> Para Leibniz, el universo está estructurado de manera armoniosa y ordenada, y este orden es inteligible a través de la matemática. Esta idea está alineada con su creencia de que Dios, en su perfección, creó el mejor de los mundos posibles, donde las leyes de la naturaleza y los principios matemáticos subyacen en todo.

tecnológicamente asistida en todos sus niveles. Esto abarca, por supuesto, la construcción del ambiente que se habita, las necesidades que genera y los modos de atender esas necesidades teniendo como *input* la mayor cantidad de información jamás lograda en la historia del mundo.



*Fig. 12 – HAL. Imagen de la película “2001, a Space Odyssey”.*

*Fuente: <https://rebrand.ly/z5pczou>*

## 2.2.2. Filosofía y tecnopolíticas: cosmismo, transhumanismo y ciborgs

El corpus filosófico que rige las tecnopolíticas actuales deviene de una genealogía particular, que en este trabajo remontará sus orígenes a las primeras manifestaciones vinculantes entre lo humano y lo no humano, con la tecnología como agente de redención política. Esto involucrará una urdimbre epistémica que vincula el cosmismo ruso, el Transhumanismo cultural, el Transhumanismo tecnológico, y la filosofía ciborg, para construir el marco conceptual de lo post humano y lo posdigital.

Resulta *a priori* una tarea ardua la de vincular un movimiento atomizado, disgregado y, sobre todo, bastante ignorado en su tiempo, como lo fue el cosmismo ruso, con las tendencias del pensamiento actual. No obstante, a la luz de las nuevas lecturas de los textos de Fiódorov, Bogdanov o Tsiolkovsky, se pueden vislumbrar en algunos de sus postulados, las raicillas de algunas corrientes de pensamiento de la actualidad, que se proclaman como el sustento filosófico del paradigma digital, a través de la vida técnicamente extendida, la duplicación digital del mundo, la aceleración de los procesos productivos, y en particular, la integración humano-máquina en aras de lograr su fusión. No es difícil, con apoyo en los textos de Fiódorov, sostener que el origen de la idea de una biopolítica de la inmortalidad antecede a las ideas de Huxley<sup>19</sup>, y a la génesis misma del Transhumanismo. En su obra, Fiódorov propone ideas que, si bien en su momento no fueron tenidas mayormente en cuenta, conforman un tejido ideológico cuyos principales postulados erigen una suerte de paleo Transhumanismo, mediante la voluntad de utilizar la tecnología para manipular aspectos sociales, culturales, y biológicos, y establecer así las condiciones para la inmortalidad -no del alma- sino de los cuerpos. A fines del siglo XIX, esta visión en esencia materialista contrastaba con la óptica religiosa. La proclama nietzscheana de que Dios había muerto, que escandalizara a Occidente durante décadas, pierde su sentido en la visión cosmista de Fiódorov. En un mundo creado no de almas sino de cuerpos, la resurrección era una decisión política de manipulación tecnológica.

Es, acaso por esto mismo, que la idea de “museo” cala tan hondamente en su obra, según expresa en su escrito “El museo, su significado y su designio”, de 1906. Allí, Fiódorov le entrega al museo un estatus diferente al valor utilitario otorgado en el siglo XIX, para reconocerlo como como el lugar de conservación de las cosas perecederas, de los vestigios

---

<sup>19</sup> Julian Sorell Huxley (1887-1975), hermano del escritor Aldous Huxley, el autor de la reconocida novela “Brave New World”, conocida en el mundo hispanoparlante como “Un mundo feliz”.

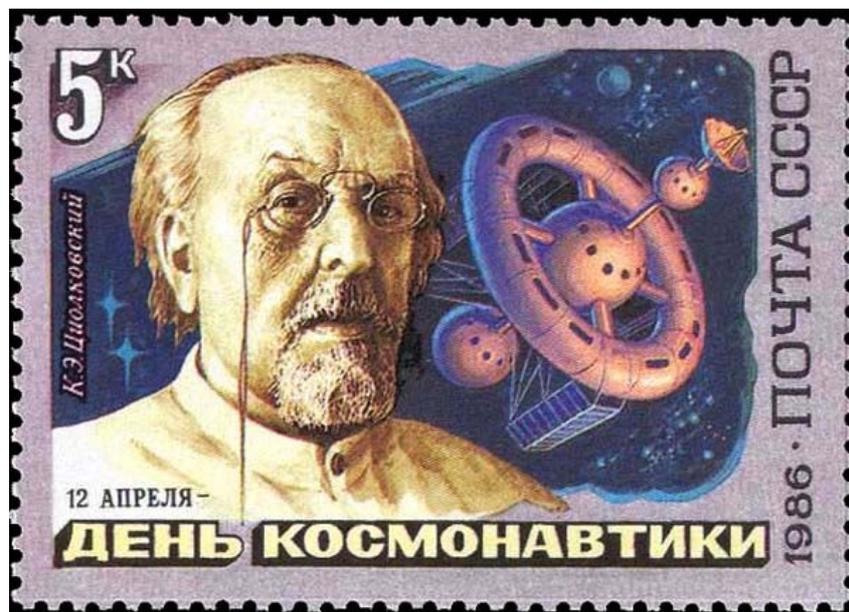
de los siglos pasados. De este modo, el museo no un soporte de la muerte, no la admite como posibilidad, puesto que asegura la pervivencia de las cosas que sustentan el bienestar o el progreso actual. Considerando el progreso como el reemplazo de las cosas viejas por las cosas nuevas, el museo se propone como un bastión de inmortalidad, una forma de extensión de la vida de los objetos del pasado. Y entre estos objetos, se encuentran no las almas sino los cuerpos humanos del pasado, a quienes el museo les augura la inmortalidad, a través de la tecnología. Sostiene Fiódorov en el texto referido: “*El museo no es una reunión de objetos, sino una catedral de individuos. Su actividad no consiste en el acopio de objetos muertos, sino en devolver a la vida los restos de lo obsoleto, en la reconstrucción de los muertos por sus obras, sus vivos agentes*”<sup>20</sup>. Esta visión, que no rechaza el caos, sino que lo asume como el mismo cosmos, comienza a construir la noción de bio-poder, una noción sobre la que volvería Foucault (2020) décadas después. Esta idea de bio-poder debería implicar el logro de la vida eterna, o, en otros términos, de resurrección para las vidas pasadas, que, con su esfuerzo y sacrificio, habían cimentado el estado de progreso de ese entonces.

Si bien los escritos de Fiódorov y los cosmistas rusos no empezaron a tener cierto reconocimiento en Occidente hasta entrado el siglo XXI (Diéguez Lucena, 2017), su incidencia debe ser reconocida como antecedente conceptual inmediato de las ideas transhumanistas, según lo expresado más arriba. Julian Huxley, considerado el padre del Transhumanismo<sup>21</sup>, acuña ideas estrechamente emparentadas con las del cosmismo, asumiendo que la ciencia y la tecnología debían ser instrumentos de mejora, de *bioenhancement* humano. Estas “mejoras”, que habían sido enfocadas desde lo social, enmarcando su acción en parámetros legales, morales o éticos –en rigor, filosóficos- que regulaban el comportamiento, comienzan a adoptar la ciencia y la tecnología como parte de su marco teórico. La antropotécnica, bautizada así por Sloterdijk (2008) en su conferencia “*Normas para el parque humano*”, se postula como la ingeniería particular adoptada por la antropología, vinculando lo humano con lo no humano, en todas sus formas, en la búsqueda de una convergencia.

---

<sup>20</sup> Extracto del texto “El museo, su significado y su diseño”, de 1906. Compilado en el libro “Cosmismo ruso”, de Boris Groys. Caja Negra, 2021.

<sup>21</sup> Si bien existe consenso a este respecto entre los autores, algunos de los detalles de la génesis de la idea pueden encontrarse en la obra de Juliette Huxley, esposa de Julian: “*Leaves of the tulip tree*”, publicada en Londres, en 1986.



*Fig. 13 – Sello conmemorativo de la URSS en honor del cosmita Tsiolkovsky, quien fuera influenciado por Fiódorov.*

*Fuente: <https://rebrand.ly/60y32bg>*

Sería pertinente, no obstante, hacer una clasificación de las teorías transhumanistas, agrupándolas en dos grandes tendencias. En el entendido de que el movimiento transhumanista lejos está de ser una corriente homogénea, estas dos grandes tendencias son, por un lado, el transhumanismo cultural (también llamado post-humanismo), y el transhumanismo tecnológico o tecno-científico.

La primera de estas tendencias, es decir, el transhumanismo cultural o post-humanismo, toma su inspiración de corrientes de pensamiento derivadas del posmodernismo. Esto es, de la obra de Deleuze, o de Derrida, pero también de las visiones post-colonialistas y decolonialistas, del feminismo de tercera ola, y de algunos espectros del ecologismo. La autora más influyente de esta línea de pensamiento es, acaso, Donna Haraway, quien, con su *manifiesto ciborg*, procura evidenciar las falencias del humanismo moderno, a través de la reivindicación del ciborg como modelo asexuado, superador de las fronteras conceptuales hombre/máquina, natural/artificial, mente/cuerpo, femenino/masculino, naturaleza/cultura, etc. Para Haraway (2020), el ciborg representa la superación de dicotomías propias de un modelo colapsado. Así, el ciborg de Haraway carece de fronteras. Es una membrana, una entidad permeable, crítica y morfo-dinámica, que supera las taxonomías heredadas y las reconfigura.

En lo referente a la otra tendencia, la concerniente al transhumanismo tecnológico o tecno-científico, existe una vinculación estrecha con la inteligencia artificial, el *machine learning* y la robótica, de la mano de autores bastante reconocidos como Marvin Minsky, Natasha Vita-More, Hans Moravec, Nick Bostrom, o el renombrado Raymond Kurzweil. Las visiones de estos autores oscilan entre el pronóstico de una prolongación de la vida por medio de la tecnología, a través de la eliminación de las enfermedades, las emociones desagradables y la aniquilación del envejecimiento, hasta un futuro post-biológico donde las mentes humanas serán volcadas en soportes digitales en los que se liberarán para siempre de las miserias del cuerpo y existirán para siempre en un soporte tecnológico que garantizará la eternidad en un soporte alejado del dolor físico, o los aspectos desagradables de la biología. Estas visiones, que pueden parecer disímiles en una primera lectura, tienen como denominador común el empleo de la tecnología para la obtención de sus propósitos. Esta fusión entre filosofía y tecno-ciencia propone así un gradiente de opciones que auguran la convergencia de la ingeniería genética y la biología sintética con las vertientes más duras de la ingeniería robótica, la informática, la fabricación aditiva, y en general, las tecnologías de la cuarta

revolución industrial, con el objetivo de lograr ciberorganismos potenciados, a través de una existencia convergente entre lo físico y lo digital.

*Prima facie*, podría parecer que las diferencias entre el transhumanismo cultural y el transhumanismo tecno-científico o tecnológico son irreconciliables, o por lo menos, que hay una incompatibilidad entre ambas tendencias. No obstante, Diéguez Lucena (2017) reconoce una idea común en ambos, que los cohesiona de cierto modo: se trata de la idea compartida de la disolución de las fronteras entre lo humano y lo maquínico, entre “lo real y lo virtual”. Asimismo, es pertinente ampliar las consideraciones de Diéguez, y apuntar también, coincidiendo con Sadin (2013): entre *lo físico y lo digital*.

Las visiones transhumanistas, con sus diferentes vertientes y perspectivas, se proclaman como ideas de liberación y de superación. De liberación política y espiritual de las visiones antropocéntricas convencionales, y de superación de los límites que impone la determinación biológica. Para los transhumanismos<sup>22</sup>, el humanismo resulta un proyecto fracasado. Máxime si se toma en cuenta el actual contexto de sobreexplotación de recursos planetarios, la aceleración del crecimiento poblacional, y la tendencia a la suplantación de seres humanos por máquinas en los diferentes estratos laborales. En un contexto de estas características, la colocación de lo humano como centro universal deja de tener sentido, y se sientan las bases para el surgimiento de su progenie: lo post-humano tomará el lugar vacante. Aun así, en lo que constituye un interesante giro, el museo de Fiódorov vuelve a reflotar como idea redentora. Lo post-humano no elimina lo humano. Aunque estos no compartan necesariamente fines ni valores, la emancipación frente a lo biológico deja lugar para el archivo, para el registro, consulta y redención de las vidas del pasado.<sup>23</sup>

---

<sup>22</sup> Se menciona en plural, dado que hay varias versiones y sub tendencias dentro de los dos grandes grupos referidos. No obstante ello, no se pretende entrar en esta tesis en un análisis pormenorizado de corrientes internas, por lo que se hablará de “los transhumanismos” para referir a aquellas cualidades que sean comunes a todas las ramas y sub ramas.

<sup>23</sup> A este respecto, conviene tener presente la nueva patente de Microsoft, que generará chatbots mediante inteligencias artificiales tomando como insumos todos los datos digitales dejados por un individuo a lo largo de su vida, permitiendo así eventualmente “volver a la vida” a personas ya fallecidas.

<https://www.xataka.com/robotica-e-ia/microsoft-patenta-chatbot-que-permitira-hablar-personas-que-han-muerto>  
Fecha de consulta: noviembre 2021.



*Fig. 14 – Neil Harbisson, uno de los primeros ciborgs.*

*Fuente: <https://rebrand.ly/0985100>*

### 2.2.3. Posthumano/posdigital.

El culto a la inteligencia artificial lleva implícita una serie de conceptos filosóficos, premisas ideológicas y bagajes literarios, especialmente provenientes, estos últimos, de la ciencia ficción. Entre todas estas ideas, el llamado posthumanismo se postula como una superación del humanismo heredado del Renacimiento clásico, que asume las limitaciones de la inteligencia humana, y se propone superarlas. Hay en esto semejanzas con los transhumanismos, aunque ambos conceptos no se identifican entre sí completamente. El posthumanismo no apunta a estimular una mejora o *bioenhancement* a través de la tecnología, sino a desmitificar y desacralizar las ideas los ideales del humanismo. Es decir, los ideales de felicidad y progreso, con una perspectiva antropocéntrica. En tal sentido, el posthumanismo lleva adelante un discurso esencialmente deconstructivista, donde incluso en muchas oportunidades critica a los transhumanismos, siendo considerados por algunos posthumanistas como meras utopías (Echarte, 2019)<sup>24</sup>. No obstante, al margen de las diferencias entre ambos, los seguidores de los transhumanismos y los posthumanistas comparten el rechazo a las ideas de la vieja metafísica, donde lo humano era un ideal trascendente. En el universo posthumanista, surge una nueva ética, que por momentos se solapa con la de los transhumanismos, y puede inducir a pensar ambos conceptos como iguales, aunque no lo sean.

El posthumanismo arriba pues, como superación de la reflexión postmoderna que comienza en los años setenta. Entiende la tecnología como portadora de un poder ontológico, que explica en buena parte la existencia actual de la humanidad. Esto es, no solo la intervención, modificación y mejora de las actividades humanas -desarrollo tecnológico incluido- sino, además, la percepción sobre el significado de esas modificaciones.

Esta superación del humanismo clásico que representa el posthumanismo reposiciona lo humano y su relación con lo que Haraway (2020) y posteriormente Ptqk (2018) denominaron “especies compañeras”. Así, la vida pasa a ser considerada en función de otros aspectos, liberando la tradicional visión antropocéntrica, “natural”, y trascendente, reemplazándola por algo similar a lo que Morton (2018) denomina “una ecología sin naturaleza”. Es en ese mismo sentido, que algunos autores aplican el concepto de *artificial life*. En un mundo posthumano, la creación de vida no depende ya de manera exclusiva de las formas

---

<sup>24</sup> <https://nuestrotiempo.unav.edu/es/grandes-temas/realidad-comienza-superar-ficcion>  
Fecha de consulta: Abril 2024.

tradicionales, sino que abre el paso para nuevos frentes, que Hayles (1999) define sucintamente así: “*Wetware is the attempt to create artificial biological life through such techniques as building components of unicellular organisms in test tubes. Hardware is the construction of robots and other embodied life-forms. Software is the creation of computer programs instantiating emergent or evolutionary processes*”.<sup>25</sup> Lo digital -o, mejor dicho, lo posdigital- conforma un entorno de desarrollo, un marco de trabajo donde el posthumanismo sienta sus bases fundamentales.

En este punto, corresponde hacer referencia a la vinculación entre lo posthumano y lo posdigital. Se entiende por posdigital, no la superación de lo digital, ni mucho menos su reemplazo por otro paradigma, sino la integración total de lo digital en las actividades humanas y no humanas. Cuando la “revolución digital” deja de percibirse como tal, cuando las “nuevas tecnologías” pierden su condición para pasar a integrar la cotidianeidad y formar parte de un gran marco de acción como un elemento asimilado desde el inicio, se ha generado un cambio, un giro disruptivo, que internaliza lo digital y plantea desde esa atalaya nuevos desafíos.

Una de las visiones filosóficas más trascendentes que acompañan el giro posdigital, en un intento por determinar teóricamente las desterritorializaciones inherentes al cambio tecnológico, y la evolución del capitalismo, en tanto motor del desarrollo de la técnica surgido a partir de la industrialización, es el aceleracionismo. Nacido en el seno del CCRU<sup>26</sup>, en la Universidad de Warwick en la década de los noventa, alrededor de la obra de Nick Land y Sadie Plant, el aceleracionismo explora la convergencia entre tecnología, modos de producción hegemónicos, y el tejido histórico-social, convirtiéndose así en una filosofía erigida desde y para lo posdigital. Según Tapia (2021), el aceleracionismo puede ser concebido, asimismo, como “*una corriente de pensamiento que se pregunta sobre las posibles consecuencias materiales (alteraciones tanto en la estructura social, política y económica de las sociedades, como en el cuerpo y la naturaleza) e inmateriales (desterritorialización de culturas, prácticas, valores, identidades, etc.) que podrían resultar de la cada vez mayor injerencia de los mecanismos de mercado capitalista y la evolución tecno-científica, en los procesos socioeconómicos y en la subjetividad.*”

---

<sup>25</sup> “*Wetware* es el intento de crear vida biológica artificial a través de técnicas como la construcción de componentes de organismos unicelulares en tubos de ensayo. *Hardware* es la construcción de robots y otras formas de vida encarnadas. *Software* es la creación de programas informáticos que ejemplifican procesos emergentes o evolutivos”. Traducción del autor.

<sup>26</sup> Por sus siglas en inglés: Cybernetic Culture Research Unit.

Como tantas corrientes filosóficas, el aceleracionismo posee muchas vertientes, con diversas líneas internas, que no son necesariamente convergentes. Entrar en un análisis riguroso de todas ellas escapa a los objetivos de este trabajo. No obstante, sí es menester definir dos grandes tendencias, que se conocen como el aceleracionismo a secas, primigenio o landiano (es decir, el devenido directamente de las ideas de Land), y el aceleracionismo de izquierda, o *L/Acc*, derivado fundamentalmente del manifiesto aceleracionista de Nick Srnicek y Alex Williams. La diferencia entre ambas es que utilizan la ficción especulativa para arribar a futuros radicalmente distintos. Esta metodología común, que consiste en acelerar las tendencias tecno-capitalistas hasta sus últimas consecuencias, lleva al *L/Acc* a proponer una utopía postcapitalista, con el propósito de liberar el potencial de la tecno-ciencia y emplearlo como motor de mejora de la condición humana (Williams, Srnicek, 2017), mientras que el aceleracionismo landiano erige la conceptualización de una distopía maquínica, posthumana y postorgánica, que conduciría, mediante un proceso que Land denomina “ontogénesis”, hacia una evolución postcapitalista, o en otras palabras, hacia un *techno-capitalismo*.

La corriente *L/Acc* ha sido abordada por diversos autores, llegando a convertirse en *mainstream* precisamente por sus advertencias sobre el colapso climático, el agotamiento de recursos, y las crisis financieras. No obstante, ha sido criticada también con dureza, especialmente por Land, quien le dedica duras palabras en su “crítica del miserabilismo trascendental” (Land, 2007). De todos modos, más allá de las diferentes hipersticiones que ambas tendencias construyen, conviene poner la lupa sobre el pensamiento landiano, puesto que es el que contempla el escenario posible que conduce hacia la idea de singularidad.

La ontogénesis, si bien es un concepto tomado de la biología, ilustra el pensamiento de Land al respecto de las transformaciones del capitalismo. En este esquema, siguiendo un proceso de evolución, el capitalismo se ha insertado en una etapa de “(re)construcción óptica” a partir de la revolución industrial. Esto implica, siguiendo el concepto biológico manejado, una mutación en algo diferente: la penetración del capitalismo en todos los aspectos de la vida recrudescerá, tomando no ya los intersticios sino los sitios preferenciales de la evolución tecnológica. Será intangible (software) y pondrá a disposición un sistema de soporte material (hardware), donde podría eventualmente cobrar forma, materializarse, y tomar dimensión física. Bajo esta premisa, Land asegura que los procesos cibernéticos que regulan el sistema permitirán recuperar un *feedback*, en lo que constituiría

una suerte de “autoconsciencia del capitalismo”. Esta última idea es fundamental, pues apunta a la supresión de lo humano dentro de los procesos productivos, a la eliminación de las plusvalías como concepto, y a transitar hacia un nuevo estadio, un escenario hipersticial posdigital en el cual lo posthumano y lo postbiológico abonen el terreno para el surgimiento de lo que Skyvington (1978) denominó *machina sapiens*.

Y de este modo, asegurar el camino de pasaje hacia la *singularidad*.

### 2.3. De la inteligencia artificial a la singularidad

Si bien el concepto de cuarta revolución industrial ya fue referido en los apartados precedentes, es pertinente en este punto volver sobre él, dado que pone un especial énfasis en el desarrollo y aplicación de la inteligencia artificial, tomando las nociones de *machine learning* y de acceso al *big data*, como sus pilares fundamentales (Schwab, 2017). Sucintamente, el *machine learning* es una disciplina dentro de la inteligencia artificial que puede definirse como una tecnología de reconocimiento de patrones, capaz de convertir una muestra de datos en un programa informático capaz de extraer inferencias de nuevos conjuntos de datos para los que no ha sido previamente entrenado (Russell y Norvig, 2009). En tanto, el *big data*, o macro datos, se entiende como un proceso de análisis e interpretación de grandes volúmenes de datos estructurados, semi-estructurados o directamente no estructurados que tiene la particularidad de necesitar de una capacidad computacional superior de procesamiento, para obtener de ellos información, y construir conocimiento (Larson, 1989).

El aprendizaje automatizado, que se nutre de los macro datos, constituye la plataforma de sustento de los sistemas ciber-físicos de la cuarta revolución industrial. Su aplicación abarca prácticamente la totalidad de las nuevas tecnologías de producción, creación, distribución de bienes y servicios, segmentación de contenidos, etc. Al posicionarse como un instrumento de prefiguración, pronóstico, predicción de escenarios y hasta herramienta de decisión, su valor se torna incremental, y su halo de poder se extiende hasta límites desconocidos. Las implicancias de la inteligencia artificial, del uso de algoritmos predictivos -y decisores- no generan sobre sí una visión de consenso. Por un lado, están las visiones comentadas en el apartado precedente, derivadas en sus marcos filosóficos del pensamiento aceleracionista de Land, relacionada a las teorías transhumanistas y posthumanistas; y por otro, emergen teorías críticas, más o menos escépticas, de diversas índoles. Tal vez el extremo de estas corrientes, entre las que se asumen el eco modernismo, el humanismo tecnológico y el bioconservadurismo, sea el de lo que Lukács de Pereny (2022) denomina los “neoluditas”.

El término de Lukács de Pereny es más que interesante, puesto que pone de relieve el *revival* de un fenómeno ocurrido durante la primera revolución industrial, que fue el surgimiento de la corriente del ludismo. Esta corriente, denominada así por considerarse sus seguidores herederos de Ned Ludd, ejerció un fuerte poder de reacción frente a la amenaza de la máquina, esto es, frente a la posibilidad de perder el *statu quo* a manos de una

estructuración social tecnocrática, en la que los saberes tradicionales habían perdido su lugar.

No hay demasiadas certezas acerca de la existencia real de Ned Ludd. Acaso pudo tratarse de un personaje imaginario, una especie de ícono representante de la clase obrera, o una idealización colectiva en la forma de un héroe proletario. Se supone que fue un trabajador inglés del siglo XVIII, y no está del todo claro si existió con ese nombre o si era el seudónimo de otra persona, con el fin de justificar acciones de boicot y sabotaje al avance tecnológico de la época. La historia cuenta que Ludd atentó contra los telares mecánicos, porque quitaban el trabajo a los trabajadores y aumentaban la productividad de las fábricas sin depender de la mano de obra básica. Es decir, el poder de la máquina dejaba de lado a operarios comunes y artesanos, y demandaba mano de obra especializada, para lo que alcanzaba además con muchas menos personas que antes del surgimiento del telar mecánico.

Años más tarde, la figura de Ludd inspiró un movimiento llamado el “ludismo” o “los luditas”, personas que se opusieron durante el siglo XIX al avance de la tecnología, y a la máquina en todas sus formas, mientras que propugnaban por una vuelta al trabajo manual como forma de defensa del proletariado. Esto lo hacían mediante atentados en fábricas y almacenes, a través de llamados a incendiar máquinas y otras acciones similares.

El ludismo fue entonces un movimiento de resistencia a la revolución industrial, que, aunque fuera bastante marginal y no llegara a desarrollarse como movimiento global, logró generar algunas trabas al desarrollo. El modo de pensar de los luditas era regresivo, y generado fundamentalmente por la desconfianza ante lo nuevo, ante un cambio de paradigma que alteraba todo lo conocido y que sacudía el mundo haciendo caer muchas estructuras al tiempo que construía otras muy diferentes.

En la época actual, al enfrentar un nuevo cambio de paradigma con la llegada de la cuarta revolución industrial, esta desconfianza ha vuelto a surgir, esta vez en la figura de los neoluditas, por tomar el término que ha impulsado Lukács de Pereny (2022). Trazando un paralelismo con los seguidores de Ludd, en el momento presente ha adquirido peso específico una miríada de movimientos contra-tecnológicos, anticientíficos, y de resistencia a la digitalización. Algunos con fundamentos claros, otros un poco más difusos, pero todos ellos con una visión oscura y regresiva de la tecnología, por no decir apocalíptica. Sobran

ejemplos de esto en los hechos acaecidos con posterioridad a la crisis del Covid-19,<sup>27</sup> donde unas cuantas ideas hasta entonces casi en desuso han vuelto a surgir con inusitada fortaleza. Su bagaje teórico proviene de diversas fuentes, que oscilan entre antiguas teorías conspirativas potenciadas con elementos de actualidad, viejos manifiestos y teorías no suficientemente fundadas. Es el caso de las conspiraciones de dominación de sectas o grupos de poder, el Manifiesto Unabomber<sup>28</sup>, o la teoría de Olduvai<sup>29</sup>, por citar solo tres ejemplos.

Frente a este escenario, emerge una polarización entre partidarios y detractores de la cuarta revolución industrial, donde una vez más el miedo al abismo de incertidumbre que la tecnología parece ofrecer se instala como elemento fuerte de la discusión, algunas veces para conformar un bloque de resistencia (a la tecnología aplicada, a la dominación de las empresas tecnológicas, a la manipulación social mediante algoritmos, al control desmedido de los estados, a la supresión de las libertades individuales, etc.) y otras veces para proponer vías alternativas de entendimiento. La cuarta revolución industrial se produce, pues, sobre bases similares a las que alientan el probable escenario de la singularidad. Entendida como un escenario -por ahora hipotético- en el cual la inteligencia artificial fuerte podría hacer que la capacidad de cómputo aumentara tan drásticamente a partir del *machine learning* que habilitaría a la prescindencia de lo humano, la singularidad tecnológica se alinea con sus pilares, y posiciona a la cuarta revolución industrial como un mojón en el camino para llegar a ella.

---

<sup>27</sup> Este punto debe ser analizado a la luz hechos conocidos, coincidentes con los movimientos anti vacunas o el resurgir del terraplanismo, como lo han sido los múltiples atentados a las antenas 5G:

<https://www.elmundo.es/internacional/2020/04/16/5e98704ffc6c8397308b4624.html>

Fecha de consulta: diciembre 2021.

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-52182841>

Fecha de consulta: diciembre 2021.

<sup>28</sup> Resulta curioso cómo algunos pasajes de este manifiesto publicado en 1995 expresan un miedo profundo a la toma del poder por parte de las máquinas, algo que hasta ese momento se consideraba exclusivamente como el argumento de la película de James Cameron “Terminator”. Dejando de lado los delirios autoritarios de Kaczynski, hay pasajes preclaros que pronostican un descontrol de las máquinas, aunque sin hacer referencia directa o explícita a una probable singularidad: *“Si se permite a las máquinas tomar sus propias decisiones no podemos hacer ninguna conjetura hasta los resultados, porque es imposible adivinar como se comportarán. Sólo señalamos que la suerte de la raza humana estará a su merced. Se puede argumentar que nunca será tan estúpida como para entregar todo el poder a las máquinas. Pero no estamos sugiriendo que la raza humana voluntariamente transfiera el poder a las máquinas ni que estas se apoderen de él deliberadamente. Lo que sugerimos es que fácilmente se permita derivar a una posición de tal dependencia que no tendría elección práctica sino aceptar todas sus decisiones.”*

Fuente: [https://essentialinstitute.org/uploads/2\\_i\\_3\\_Theodore\\_Kaczynski\\_Manifiesto\\_de\\_Unabomber.pdf](https://essentialinstitute.org/uploads/2_i_3_Theodore_Kaczynski_Manifiesto_de_Unabomber.pdf)

Fecha de consulta: abril 2024

<sup>29</sup> La teoría de Olduvai fue formulada por Richard C. Duncan y es otra de las teorías catastrofistas basadas en el neomaltusianismo, es decir, que atribuye una serie de horrores al crecimiento poblacional y el uso del petróleo. No hay ningún consenso científico sobre esta teoría.



*Fig. 15 – Destrucción de máquinas por parte de los luditas.*

*Fuente: <https://rebrand.ly/htcqagp>*

### 2.3.1. El gran reinicio

El mismo Klaus Schwab, quien fuera referido más arriba como el introductor conceptual de la cuarta revolución industrial a partir de su libro homónimo, es también, junto a Thierry Malleret, quien construye, a partir de la crisis global generada por el Covid-19, la noción de gran reinicio, o *big reset*, para referir a las transformaciones derivadas de la crisis, sus puntos de contacto con la cuarta revolución industrial, y los caminos para alcanzarla, a través de la conversión de la amenaza de la crisis en una oportunidad de transformación. “El gran reinicio” (Schwab, Malleret, 2020), es una obra escrita durante la fase inicial de la pandemia del Covid-19, pero que resulta preclara en su exposición de las nuevas configuraciones globales, en varios niveles. Destaca las transformaciones económicas, sociales, ambientales, y geopolíticas, al tiempo que dedica especialmente un capítulo y un subcapítulo a las implicancias tecnológicas derivadas de las mismas.<sup>30</sup> Schwab y Malleret ponen de relieve la oportunidad de la crisis global para dar impulso y acelerar los procesos de integración tecnológica a los modelos tradicionales, de modo de reimpulsarlos como telemodelos. Esto implica, la adopción de la inteligencia artificial como agente de proposición y de resolución de la vida humana (y sus relaciones con lo no humano), mediante la asimilación de tecnologías otrora consideradas nuevas o disruptivas como elementos de la cotidianeidad, en un impulso notable hacia una inevitable asunción de la posdigitalidad. Si bien este gran reinicio no se autoproclama posthumanista en forma explícita, lo es de manera tácita, puesto que hace especial énfasis en las técnicas biotecnológicas de ARN y ADN<sup>31</sup>, la biología sintética y la bioingeniería, especificando además los usos de la impresión 3D para la cría de órganos, en un indicio de lo que podría ser en un futuro cercano, la ectogénesis,<sup>32</sup> una práctica de corte transhumanista que es apoyada y filosóficamente reclamada por las corrientes xenofeministas (Hester, 2018).

---

<sup>30</sup> Ver capítulo 1.6 “Reinicio tecnológico” y Sub-capítulo 2.1.1. “Aceleración de la digitalización”. En Schwab, K. Malleret, T. “Covid-19. El gran reinicio”. Forum Publishing, 2020.

<sup>31</sup> Es interesante notar que el libro de Schwab y Malleret fue escrito en junio de 2020, dos meses antes de que Pfizer anunciara su vacuna basada en ARN mensajero, y seis meses antes de que la misma fuera validada por la OMS.

<https://www.who.int/es/news/item/31-12-2020-who-issues-its-first-emergency-use-validation-for-a-covid-19-vaccine-and-emphasizes-need-for-equitable-global-access>

Fecha de consulta: abril 2024.

<sup>32</sup> Los procesos de ectogénesis ya han comenzado a nivel experimental con animales, y consisten en la gestación de seres vivos en úteros artificiales. Es decir, externos al vientre materno.

[https://www.lasexta.com/noticias/ciencia-tecnologia/ectogenesis-que-gestar-bebes-uteros-artificiales-podria-ser-posible-diez-anos\\_201905225cce540a90cf2d15b07437ca3.html](https://www.lasexta.com/noticias/ciencia-tecnologia/ectogenesis-que-gestar-bebes-uteros-artificiales-podria-ser-posible-diez-anos_201905225cce540a90cf2d15b07437ca3.html)

Fecha de consulta: abril 2024.

La visión de gran reinicio, así como la miríada de lecturas e interpretaciones que la crisis global del Covid-19 produjeron todo tipo de conjeturas, teorías y futurologías.

Especialmente, en relación al cambio tecnológico de la cuarta revolución industrial y sus implicancias. Es pertinente destacar entre las bibliografías más relevantes, la publicación “Sopa de Wuhan” (Amadeo, 2020), un recopilatorio de artículos de diferentes pensadores, entre los cuales se encuentran Giorgio Agamben, Slavoj Žižek, Byung-Chul Han, o Judith Butler, entre otros. En esta recopilación, resaltan algunas opiniones expresadas prácticamente en tiempo real, durante el surgimiento de la pandemia y la carrera por comprenderla.

Zibecchi (2020)<sup>33</sup>, otro de los autores recopilados en esta misma publicación, visualiza en este nuevo escenario una hegemonía tecnológica china, liderando la creación de redes 5G, la computación cuántica, y la industria de las telecomunicaciones en general, de cara al advenimiento de una sociedad pos capitalista. Siendo China una de las sociedades más asfixiantes, con millones de cámaras destinadas al reconocimiento facial, seguimiento de movimientos por geolocalización, instrumentación del “crédito social” y, en suma, portadora de un aparato represivo aplicado a cualquier posible disidencia, la hipótesis sobre su hegemonía no resulta en absoluto descabellada. De hecho, es parte de su política central, según denuncian varios activistas y disidentes del régimen.<sup>34</sup>

Preciado (2020)<sup>35</sup> apunta a las mismas cuestiones, y destaca que la crisis del Covid-19 ha legitimado globalmente las prácticas de control digital estatal, normalizándolas, a través de diferentes métodos: cuarentenas forzadas, seguimientos georreferenciados, control de la movilidad. El espacio urbano y el espacio doméstico existen ahora como puntos en un espacio ciber vigilado, como lugares identificables en un mapa de Google, como sitios donde llega el pedido hecho por la web y son reconocibles por un dron.

---

<sup>33</sup> <https://www.elsaltodiario.com/coronavirus/geopolitica-china-estados-unidos-union-europea-a-toda-velocidad-hacia-el-caos-sistemico>

Fecha de consulta: abril 2024.

<sup>34</sup> Ai Weiwei de uno de los mayores críticos actuales, proveniente del mundo del arte, que ha sido víctima del régimen chino en varias oportunidades, a raíz de sus opiniones políticas. Ha producido un documental llamado “Coronation”, que refleja los pormenores del confinamiento y el estricto control ejercido por las autoridades. Este documental ha sido bajado de cartel el varios festivales.

<https://www.latercera.com/reportajes/noticia/ai-weiwei-nadie-queria-mostrar-esta-pelicula/LR4GESJDZRGX3EQUDOZLTQ44VU/>

Fecha de consulta: noviembre 2021.

<sup>35</sup> [https://elpais.com/elpais/2020/03/27/opinion/1585316952\\_026489.html](https://elpais.com/elpais/2020/03/27/opinion/1585316952_026489.html)

Fecha de consulta: abril 2024.

Han (2020)<sup>36</sup> por su parte, tampoco es ajeno al fenómeno, y aporta su reflexión sobre el impacto de la crisis sobre la aceleración del desarrollo tecnológico y sus estrategias de control y ciber vigilancia global. Explica en cierto modo la estrategia asiática para enfrentar la crisis, y apunta a la vigilancia ciber física, destacando el enorme potencial de seguimiento que las tecnologías de la cuarta revolución industrial aportaron para el seguimiento de la pandemia. Esta, no fue combatida solo por los virólogos, sino también por especialistas en *Big Data*. Según el mismo autor, no existe entre los asiáticos una conciencia crítica sobre la vigilancia digital, y, si bien muchos estados son en general más autoritarios que los estados occidentales, no existe un fenómeno de disidencia organizada, o de cuestionamiento hacia el sistema, al menos no libremente ejercido. No obstante, el éxito en el control y la gestión de crisis, al menos en el primer año, parece haberle dado la razón a Han. Los resultados de los países del sudeste asiático, especialmente Corea del Sur, han sido comparativamente mejores a los países occidentales que llevaron adelante cuarentenas obligatorias.<sup>37</sup> Es aquí donde surge la cuestión filosófica fundamental. Los defensores del dataísmo (Harari, 2017), de la tecnocracia extrema, y del desarrollo hasta el límite de la cuarta revolución industrial, proclamarán que las estrategias basadas en seguimiento ciber vigilado, basado en el *Big Data*, salva vidas, y de este modo posicionarán el fin por encima de los medios. Por otro lado, se deberá asumir el fin de la privacidad, la disolución de la esfera de la individualidad para fundirla en el control de los estados, las multinacionales tecnológicas, y/o los organismos supranacionales, encargados de la gestión de datos. Esta situación ha hecho surgir posiciones políticas libertarias, opuestas a este tipo de control, y en defensa de la individualidad y la libertad de elección. En varios casos, estas posiciones libertarias han sido cooptadas por movimientos neoluditas, anti-vacunas, o bio-conservadoras, pero de ningún modo deben ser considerados como la misma cosa.

Parece claro que el gran reinicio debe ser, pues, reconocido como un punto de inflexión, acaso también como un mojón de resiliencia frente a una situación de crisis sanitaria, económica y social a nivel planetario, acelerando así la adopción del cambio tecnológico generado por la cuarta revolución industrial. La robótica aplicada, las apps de rastreo, las tecnologías de impresión 3D y de fabricación digital, la internet de las cosas, la bio y nano tecnología, entre otras tecnologías controladas mediante sistemas de inteligencia artificial,

---

<sup>36</sup> <https://elpais.com/ideas/2020-03-21/la-emergencia-viral-y-el-mundo-de-manana-byung-chul-han-el-filosofo-surcoreano-que-piensa-desde-berlin.html>

Fecha de consulta: abril 2024.

<sup>37</sup> Aquí se puede visualizar el histórico de la evolución de la pandemia.

<https://www.covidvisualizer.com>

Fecha de consulta: abril 2024.

se han instalado definitivamente. Se han internalizado de tal modo que se han vuelto invisibles. Al decir de Latour (2008), se han *cajanegrizado*. El pasaje de la humanidad a la posthumanidad se ha dado en forma tácita, impulsado por las circunstancias, distrayendo el foco de atención. Durante la crisis del Covid-19, y a través del gran reinicio, la inteligencia artificial ha dejado de ser una cabeza de playa en lo humano; puede decirse que ha tomado prácticamente todos los terrenos.



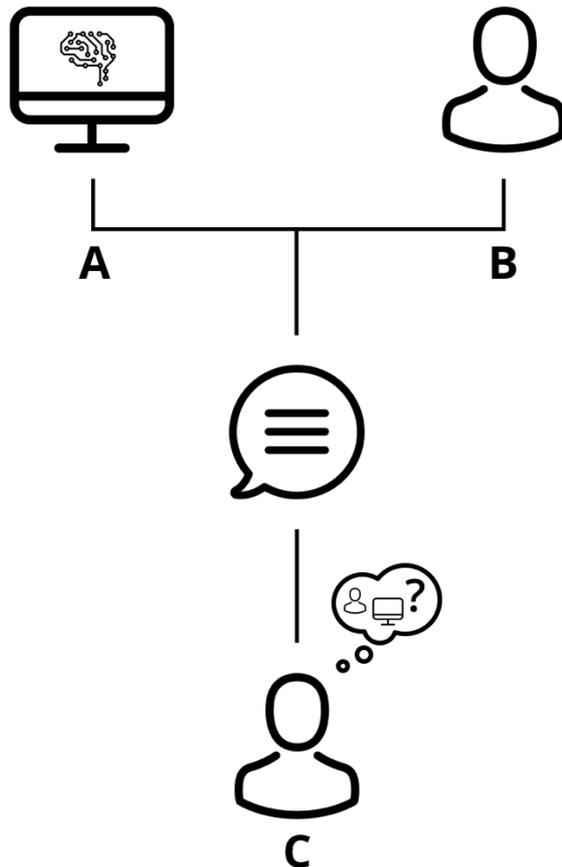
*Fig. 16 – Sistema de reconocimiento facial en China.  
Fuente: <https://rebrand.ly/8kz426s>*

### 2.3.2. Máquinas inteligentes... ¿máquinas conscientes?

La inteligencia de las máquinas, o la inteligencia artificial, se posiciona como la capacidad de dar respuesta a problemas, adoptando formas similares a las del razonamiento humano. Se han visto los orígenes, las líneas de evolución histórica, las tendencias filosóficas que la sustentan, y algunas de las repercusiones e implicancias que la inteligencia artificial tiene sobre el mundo actual. No obstante, es pertinente referir a dos conceptos o experimentos que apuntan a construir la noción de inteligencia artificial. Estos son, el llamado test de Turing, diseñado por el matemático Alan Turing, y la habitación china, experimento creado por el psicólogo John Searle.

Alan Turing no necesita una presentación. Si bien es vastamente conocido por haber sido el principal artífice de la decodificación de la máquina Enigma, durante la Segunda Guerra Mundial, es también considerado como uno de los padres de la computación y de la informática moderna. Su llamado test de Turing funciona en los siguientes términos. Supongamos que tenemos dos habitaciones distintas. En una de ellas, una computadora, en otra un ser humano. Y para comunicarse con ambas, existe un interrogador. El juego consiste en que el interrogador puede comunicarse con ambos mediante mensajes escritos, pero no los puede ver. No obstante, deberá, a través de esos mensajes, darse cuenta cuál es el ser humano, y cuál es la computadora. El objetivo de la computadora es, obviamente, dar respuestas lo más parecidas a las del ser humano, y confundirse con él o tomar su lugar. Y el del ser humano, ayudar al interrogador a discernir y a reconocer a la máquina. El interrogador, pues, deberá hacer las preguntas necesarias para determinar quién es quién en el juego. Por supuesto, quien debe pasar el test aquí es la máquina. Según Turing, el objetivo era engañar al interrogador después de 5 minutos de conversación, el 70% del tiempo. De ser así, la máquina habría pasado la prueba. El fin de este “juego de la imitación”, que es el test de Turing, es comprobar si una máquina es inteligente, haciéndola pasar por un ser humano. O sea, engañando a un ser humano real.

De acuerdo a las predicciones realizadas por el mismo creador del test, dentro de cincuenta años (a contar desde los años cincuenta, cuando se formuló), la humanidad estaría rodeada de máquinas cuya inteligencia podría pasar la prueba sin problemas. Esto, de acuerdo a las fechas, se produciría en los años 2000. Sin embargo, la predicción no se cumplió.



*Fig. 17 – Esquema del test de Turing.  
Fuente: <https://rebrand.ly/gy4ctmq>*

Hoy por hoy, no hay nada que pueda engañar a un ser humano por un período muy largo, acaso lo más parecido a esto serían los *chatbots*, que se asumen como agentes inteligentes, aunque sin la finalidad de engañar al interlocutor humano, sino de buscar un relacionamiento funcional con él. Es el caso de los agentes inteligentes interconectados, como bien pueden ser Siri, Alexa, Cortana, etc. Si bien tienen sus diferencias funcionales, en lo medular, son adaptaciones del test de Turing.

Gracias a su acceso a una extensa interconexión, al Big Data, y a las tecnologías de *machine learning*, estos agentes inteligentes pueden mejorar sus performances, ampliar su vocabulario, adaptarse a contextos regionales, modismos locales, etc. El proceso de mejora automática de los algoritmos, es también el aprendizaje del sistema que, en vez de procurar engañar al humano, busca utilizarlo como insumo, para aprender de él.

Ahora bien, en este punto, es lícito y necesario interpelar la noción de inteligencia artificial, bajo estos términos. ¿Es correcto decir que, porque el “juego de la imitación” que implica el test de Turing funciona, las máquinas son inteligentes? Aquí, la respuesta no radica necesariamente en el test. De hecho, depende de qué significado se le de al concepto de inteligencia.

Yendo directo a las definiciones de la Real Academia Española, las acepciones para “inteligencia” son:

*Del lat. intelligentia.*

**1. f. Capacidad de entender o comprender.**

2. f. Capacidad de resolver problemas.

**3. f. Conocimiento, comprensión, acto de entender.**

4. f. Sentido en que se puede tomar una proposición, un dicho o una expresión.

5. f. Habilidad, destreza y experiencia.

6. f. Trato y correspondencia secreta de dos o más personas o naciones entre sí.

7. f. Sustancia puramente espiritual.

8. f. Servicio de inteligencia.<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> Real Academia Española. Las negritas son del autor.

<https://dle.rae.es/inteligencia>

Fecha de consulta: abril 2024.

Las diferentes acepciones ponen su énfasis en distintos aspectos, particularmente en las capacidades lógicas, o las destrezas para la resolución de problemas. Sin embargo, aparecen elementos nuevos, no considerados por el test referido. Es el caso de las acepciones indicadas en negrita, que incorporan una nueva dimensión del tema, haciendo hincapié en una idea: la *comprensión*, que es la clave para el entendimiento de la inteligencia artificial. La comprensión es, acaso, el elemento que se echa en falta en el test de Turing. Al día de hoy, ya habiendo transcurrido veintidós años desde el inicio del siglo, la humanidad se encuentra inmersa en un entorno poblado de máquinas capaces de superarla prácticamente en todo: jugando al ajedrez, al go, realizando tareas de precisión, tareas de ensamblaje, actividades de construcción, de fabricación, de planificación logística, etc. La mayor parte de esas tareas serían, al día de hoy para el ser humano, sencillamente imposibles.

“La habitación china”, el experimento mental diseñado por John Searle, apunta precisamente a incorporar ese nuevo parámetro en el estudio y definición de la inteligencia artificial, que es la comprensión. El experimento funciona más o menos así. Supongamos que estamos adentro de una habitación. Supongamos que tenemos contacto con el exterior solamente mediante dos canales: uno de entrada y uno de salida, y nosotros somos la “central de procesamiento” de los flujos de información entrante y saliente. En el exterior, alguien que sabe chino, que domina el chino, o que el chino es su lengua madre, nos envía preguntas, obviamente escritas en chino. Entonces, con ayuda de un manual de correspondencias, que actúa como “traductor” nosotros podemos identificar los símbolos, interpretarlos, y responder dibujando otros símbolos que podrán ser identificados como textos cuando se los devolvamos al chino por el canal de salida de la habitación. Entonces, según el experimento mental de Searle, estaríamos cerrando un ciclo de comunicación sin inconvenientes, logrando comunicarnos con en chino. Pero la pregunta es: ¿poder resolver esto, hace que nosotros sepamos el idioma chino? ¿Hace que entendamos, o que comprendamos, mejor dicho, el idioma chino? La respuesta es no.

La habitación china, como experimento mental, viene a demostrar la ineficacia del test de Turing. Justamente por no considerar la capacidad de comprensión, de asegurar un proceso sin haberlo internalizado conscientemente. Haciendo un paralelismo, en el experimento de la habitación china, nosotros seríamos el algoritmo, y el manual de correspondencias, sería nuestra programación. Esta alegoría deja en claro que aunque un programa pueda ejecutar

una serie de instrucciones, no asegura la comprensión o el entendimiento por parte de la central de procesamiento.

Y es aquí donde entra en juego una cuestión fundamental: la cuestión de la *sintaxis* y la *semántica*, que son cosas bien distintas. La sintaxis es el ordenamiento de las palabras y las frases, de acuerdo a reglas. Esto hace que podamos estructurar frases correctas. La semántica alude al significado de las cosas. Un sistema como el de la habitación china sería sintácticamente correcto, pero completamente alejado de la semántica, porque el entendimiento del mensaje no es posible. Searle (1996) sostiene que una máquina capaz de procesar un input podrá devolver un output sintácticamente correcto, sin errores, pero no tendrá la habilidad de comprenderlo, y esto habilita cuatro conclusiones posibles. La primera es que los programas computacionales, los algoritmos, son enteramente sintácticos, sin capacidad semántica. La segunda, que la mente humana, a diferencia de lo computacional, sí tiene contenidos semánticos. La tercera, que la sintaxis es necesaria pero no suficiente para que exista la semántica. Y la cuarta, que la existencia de un programa, o un algoritmo que sea considerado inteligente, no es suficiente para que emerja la mente de un ser consciente. La visión de Searle es enteramente materialista. Es decir, sostiene que mente y cuerpo no son cosas independientes, sino que conforman una unidad. Esta es una visión diferente del dualismo cartesiano, por ejemplo, que separaba mente y cuerpo como dos entidades completamente divisibles. En la visión contemporánea, la mente surge a causa del cuerpo, y lo hace justamente porque tiene su soporte físico en el cerebro.

Actualmente, se está muy lejos de poder emular absolutamente todos los procesos que ocurren en una mente, de manera artificial. Aunque los teóricos de la inteligencia artificial más dura, como Marvin Minsky o Ray Kurzweil no coincidirían con esto, es posible, a partir de los estudios de Searle, sostener que, si bien existe la inteligencia artificial, y que la misma está cualitativa y cuantitativamente despegada de la inteligencia humana en lo referente a su capacidad y velocidad de procesamiento, esto no implica un estado de conciencia. Al no producirse este fenómeno, tampoco existe una moral, un entendimiento, una comprensión semántica y menos aún la aceptación de una ética maquínica. Entonces, la carga ética, la carga moral de la tecnología sigue recayendo en los resquicios de lo humano.

Butler (2012) se preguntaba: “¿No podría el hombre convertirse en una especie de parásito de las máquinas?”. Mientras la actividad humana sea la que nutre el aprendizaje de las máquinas, esto no parece ser un problema inminente. Así pues, la preocupación por el

futuro, o por el diseño de futuros, no necesitaría en estos momentos aferrarse a las visiones apocalípticas de la esclavización del ser humano por las máquinas, o de la rebelión maquínica contra el amo humano. El escenario más probable, y hacia el cual apuntan las líneas expuestas en este capítulo, se enfoca en un avance tecnológico tan extremo que acabe por escapar a la comprensión humana, y los procesos cibernéticos de control sigan patrones y líneas de actuación que a la postre resulten indescifrables.

Es aquí donde comienza a interesar el acceso a los códigos de desarrollo del software que hace operar a las máquinas. Sadin (2018) reconoce cuatro etapas tecnológicas que denomina como los diferentes estadios de Silicon Valley. En el primero de ellos, el motor de desarrollo se asigna al complejo militar, mientras que, en el segundo, se circunscribe al inicio de la retórica de la emancipación, de la fabricación de herramientas livianas, liberadas de poder coercitivo y además, abiertas a una reapropiación libre. Es a partir de este “segundo Silicon Valley”, que los caminos hacia un *ethos* tecnológico de colaboración en red, se bifurcan. Comienzan a explicitarse dos grandes tendencias bien marcadas. Por un lado, de la del software y hardware propietarios, y por otro, las distintas corrientes *open source*. Autores como Barlow (1996), proclaman “la independencia del ciberespacio”, o las libertades civiles en Internet, al tiempo que definen al ciberespacio como “la nueva morada del espíritu”.<sup>39</sup> En cierto modo, la conciencia sobre la naturaleza de las nuevas restricciones impuestas por el cambio tecnológico comienza a emerger, y el valor del acceso al código detrás del software de automatización de procesos, de control, y de inteligencia artificial, adquiere espesor conceptual en una nueva concepción ética en la que la libertad y el derecho del individuo sobre la información que produce y que construye se posicionan en un nuevo centro de análisis, tal como se verá en el capítulo correspondiente.

---

<sup>39</sup> Barlow, J. “Declaración de independencia del ciberespacio”. <https://eff.org>  
Fecha de consulta: abril 2024.

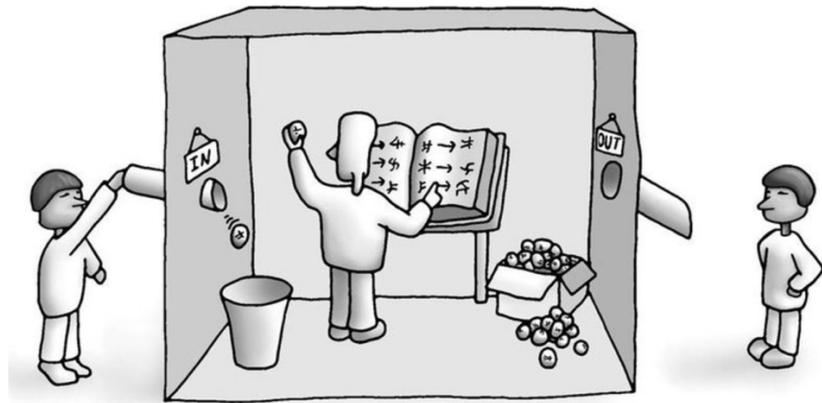


Fig. 18 – Esquema del experimento mental “la habitación china”, de Searle.

Fuente: <https://rebrand.ly/vx295in>

### 2.3.3. La singularidad como escenario probable

Tal como pone de relieve Tapia (2021), resulta escasa la producción crítica que estudia la obra de Marx en relación a la tendencia del capital a disminuir el rol y la relevancia del factor humano en los procesos productivos y reemplazarlo por máquinas autómatas, capaces de generar un incremento acelerado de la producción. El análisis de Marx sobre este tema queda planteado en su texto *Elementos fundamentales para la crítica de la economía política* o *Grundrisse* que, si bien fue escrito en 1859, no pudo ser publicado hasta 1939 en alemán, y recién traducido en 1960. Esta circunstancia repercutió en una difusión tardía de este texto y, por ende, de las ideas contenidas en él. Aunque algunas de ellas han sido ya comentadas en la introducción de la tesis, conviene apuntar que las mismas tienen su punto destacado en el *Fragmento sobre las máquinas*. Allí, expresa que las lógicas internas de funcionamiento del capitalismo transforman la fuerza de trabajo humana junto a los medios de trabajo en máquinas, a medida que se internalizan los conocimientos científicos y tecnológicos de su época a través de sistemas automatizados replicantes de las actividades de los obreros, para implementar así mejoras en el proceso productivo. Sostiene Marx (1960): *“La máquina en ningún aspecto aparece como medio de trabajo del obrero individual. Su diferencia específica en modo alguno es, como en el caso del medio de trabajo, la de transmitir al objeto la actividad del obrero, sino que más bien esta actividad se halla puesta de tal manera que no hace más que transmitir a la materia prima el trabajo o acción de la máquina, [a la] que vigila y preserva de averías. No es como en el caso del instrumento, al que el obrero anima, como a un órgano, con su propia destreza y actividad, y cuyo manejo depende por tanto de la virtuosidad de aquél. Sino que la máquina, dueña en lugar del obrero de la habilidad y la fuerza, es ella misma la virtuosa, posee un alma propia presente en las leyes mecánicas que operan en ella, y así como el obrero consume comestibles, ella consume carbón, aceite, etc.”*. Si las máquinas son, como dice Marx, “órganos del cerebro humano”, y “fuerza objetivada del conocimiento”, el desarrollo del *capital fixe* puede constituir un indicador de hasta qué punto el conocimiento se ha transformado en fuerza productiva inmediata (Tapia, 2021). Esto, sobre las premias del aceleracionismo, fomenta las condiciones para que, de la mano del avance de la inteligencia artificial fuerte, se produzca una emancipación maquinica tal, que pueda ser capaz de acelerar el sistema hasta el colapso, conformando así un escenario que avizora la posibilidad de dejar sin efecto la capacidad real de ejercer el control. Un colapso de medición productiva, de control cibernético, y de capacidades predictoras de la evolución

misma del sistema. Es en tal sentido que avanza el paradigma de la singularidad como un escenario probable.

Introducida por Neumann (1958) en su libro "*The computer and the brain*", la idea de singularidad ha atravesado diferentes estadios, sufriendo un corrimiento dentro de la ventana de Overton desde un escepticismo inicial bastante claro a una actualidad donde ha adquirido un potente estatus como escenario probable, gracias a autores como Kurzweil, Shanahan, o Minsky, entre otros. Asimismo, tal como se vio en los apartados precedentes, la génesis de la singularidad responde a diferentes corrientes de pensamiento que a veces se superponen, se solapan o se encuentran en circunstanciales puntos de tangencia, con un foco de convergencia común. La automatización creciente y acelerada de procesos productivos, la emergencia de la inteligencia artificial fuerte, la digitalización incremental tendiente a la duplicación digital del mundo físico, y las hibridaciones bio tecnológicas, se retroalimentan con la cultura, la ciencia ficción y las filosofías de corte posthumanista que apuntan al -sin dudas, discutible- ideal de *human enhancement*. En esta nueva ecología, que podemos definir como una tecno ecología completamente despojada de la idea de naturaleza, la producción de lo físico y lo digital deja de remitir a parámetros independientes para establecer una convergencia plena.

Heidegger (1977), al establecer las relaciones entre dispositivos y servomecanismos, erige una base teórica sobre la que luego continuarán su trabajo otros pensadores, como Agamben, McLuhan o Baudrillard. El dispositivo, según Heidegger, está diseñado para servir al ser humano, mientras que un servomecanismo está pensado para servir al ser humano al mismo tiempo que para servirse del ser humano. Al día de hoy, las tecnologías de la cuarta revolución industrial no pueden definirse ya como dispositivos sino como servomecanismos, prácticamente en su totalidad. Incluso cuando muchas de esas tecnologías se promocionan como dispositivos al servicio de la libertad del ser humano, al tener a este como fuente de obtención de datos para la aplicación de algoritmos estructuradores de macro datos, se está realmente frente a servomecanismos sociotécnicos complejos. Tal como se ha visto en los apartados precedentes, esta evolución algorítmica tiene derivaciones cada vez más complejas y más impredecibles que apuntan en dirección de lo que se denomina *pervasive computing*. Este es un concepto que refiere a la integración de la informática en el entorno de lo humano, de forma que las computadoras no se puedan percibir como objetos diferenciados, apareciendo en cualquier lugar y en cualquier momento.

Kurzweil (2015) define un patrón creado a partir de la observación de algunos hitos históricos. Hace 40.000 años, el ser humano comienza a esparcirse desde África por el resto del mundo; hace 20.000 años, se produce la revolución del arco y la flecha, y la cacería asegura la alimentación y la reproducción de la especie; hace 10.000 años comienza la revolución de la agricultura; hace 5.000 años se crea la escritura, y con ella, la historia; hace 2.500 años se crea la democracia en Grecia y en la India se crea el concepto del cero. Los intervalos de “puntos Omega” se suceden, con lapsos equivalentes a la mitad del intervalo anterior. Es decir, acelerándose. Así, se llega al año 2000, con la apertura de la Internet comercial, y las bases de lo que en la actualidad es la cuarta revolución industrial. De acuerdo a esta predicción, en 2030 se produciría un nuevo punto Omega, el punto definitivo de convergencia, cuando el test de Turing pueda ser superado sin problemas por cualquier inteligencia artificial.

A principios de este siglo, Gershenfeld (2000), fundador de la red FabLab del MIT, publicó un libro provocador desde el título: “*When things start to think*”, donde evoca la posibilidad de un poder computacional no metido dentro de un gabinete o en formato consola, sino como una estructura que forme parte de las paredes, de las ciudades, del entorno en general. Una idea que se materializa en la *IoT*, en las ciudades inteligentes, y en las diferentes realidades digitales: la realidad virtual, la realidad aumentada, y la realidad mixta. Cuando las cosas comiencen a pensar, habrá tecnologías de captura de datos alojadas en los más recónditos lugares del medio físico y del medio digital, una capacidad ubicua de procesamiento a través de un *cloud* perpetuo, robots, ciborgs, y todo tipo de servomecanismos camuflados como dispositivos, o acaso directamente imperceptibles. Un escenario en el que el espacio físico estará reservado para quienes puedan pagarlo, y el espacio digital sea el entorno de desarrollo de avatares que vivirán sus vidas en una simulación permanente, o acaso en una extensión digital incremental de su vida física. Tal vez por eso, *antes* de que las cosas comiencen a pensar, será necesario conocer los alcances y reconocer las posibilidades que la cuarta revolución industrial provee, de cara a una convergencia físico-digital.



*Fig. 19 – Boston Dynamics.*

*Fuente: <https://shorturl.at/fwJSZ>*

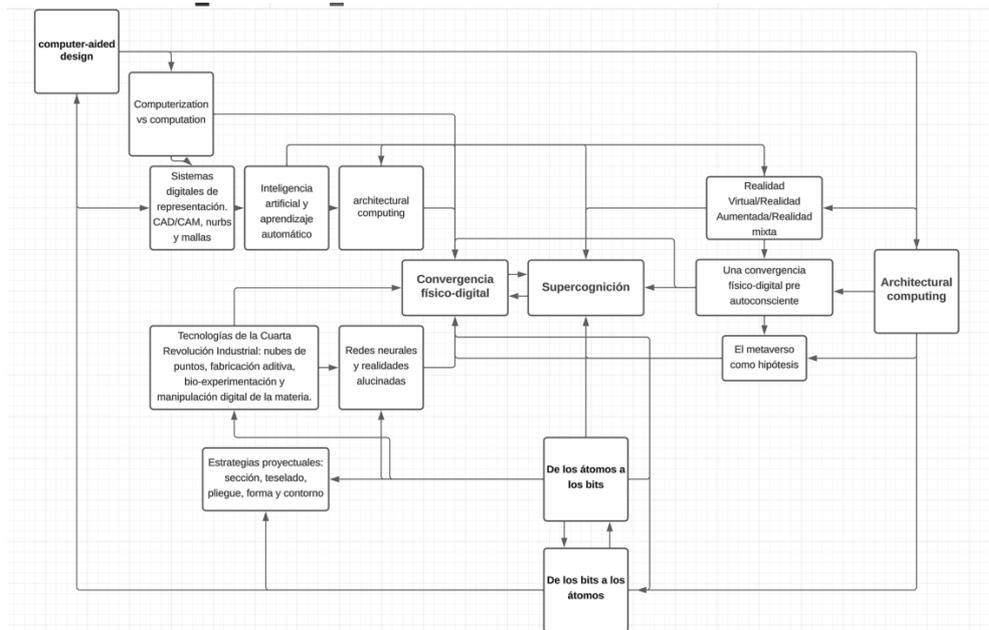
### 3. De los orígenes de la digitalización a los albores de la supercognición

“—Lo siento mucho. ¿Siempre ha sido así?

—No —respondió Rick, cerrando nuevamente el panel de su oveja eléctrica—. Originalmente era una oveja verdadera.”

Philip K. Dick - Fragmento de “Do androids dream of electric sheep?”

Este capítulo explora la transición de la arquitectura y el diseño desde el uso tradicional de herramientas manuales hacia la integración de tecnologías digitales, como el CAD (Diseño Asistido por Computadora) y la fabricación digital. Se discute el impacto de la revolución digital en la conceptualización y materialización de proyectos arquitectónicos, destacando el papel fundamental de la computación en la generación de formas complejas y la experimentación con nuevos materiales. Además, se examina el desarrollo y aplicación de tecnologías emergentes, incluyendo la realidad aumentada y la fabricación aditiva, resaltando cómo estas herramientas expanden las posibilidades del diseño y la construcción. Este análisis sitúa la arquitectura en el umbral de una nueva era, marcada por la convergencia entre el espacio digital y físico, anticipando un futuro donde la creación de entornos se ve radicalmente transformada por la innovación tecnológica.



### 3.1. Del *computer-aided design* al *architectural computing*

La instrumentalización sistematizada de las herramientas de dibujo asistido constituyó un hito significativo en el desarrollo de las relaciones entre la aplicación del poder de cómputo y la generación del proyecto. Estas relaciones, establecidas en primera instancia como una aproximación y luego como una suplantación de los sistemas de representación tradicionales heredados del Renacimiento y basados fundamentalmente en la graficación de plantas, cortes y alzados, comienza a sufrir una gran transformación a partir de lo que Carpo (2013) denomina “giro digital”, migrando hacia una aplicación geométrico-espacial que permite la generación de formas tridimensionales en el ámbito de lo digital. En esta nueva etapa, la idea de representación a través de los gráficos bidimensionales comienza a mutar en favor de una idea más cercana a la de construcción digital.

La historia del *computer-aided design* (en adelante, CAD), comienza a gestarse en la órbita militar, en relación a las tecnologías aplicadas a la defensa, por parte de las Fuerzas Armadas de Estados Unidos. En 1955, en el Lincoln Laboratory del MIT, se crea el primer sistema gráfico de tipo SAGE (*Semi Automatic Ground Environment*), que procesaba coordenadas de objetos de modo gráfico en una pantalla. Siete años más tarde, a partir de la tesis doctoral de Iván Sutherland, titulada “*Sketchpad: A Man-machine Graphical Communications System*”, surge en el mismo laboratorio del MIT, el primer software de manipulación directa de objetos gráficos. *Sketchpad* podría definirse como un antepasado inmediato del software CAD. Era una aplicación capaz de dotar a los usuarios de la capacidad de dibujar puntos, líneas, arcos circulares, cruzar las líneas en un ángulo predefinido, y además, duplicar dibujos y replicarlos como entidades diferentes. La graficación se realizaba mediante un lápiz óptico, que se desplazaba sobre la pantalla. *Sketchpad* destacó, asimismo, por ser la primera experiencia digital donde un software podía vencer la distancia entre el modelo matemático que daba origen a los gráficos, y los gráficos en sí mismos, de modo de poder exhibir los resultados de complejos cálculos bajo la forma de un dibujo, en una pantalla de computadora. Esta creación estuvo influenciada por el *Memex*, definido por Vannevar Bush, en su escrito “*As we may think*”, de 1945<sup>1</sup>. Es pertinente aclarar que

---

<sup>1</sup> “Memex” (*Memory Index*) es el nombre de un artefacto pensado por Bush, pero jamás materializado. Hoy se asemejaría en parte a lo que se conoce como *hypertext*. El artículo de Bush se encuentra disponible de manera libre, y puede ser visualizado en: <https://biblioweb.sindominio.net/pensamiento/vbush-es.html>

esta influencia no corresponde a los aspectos referidos al desarrollo, puesto que el *Memex* de Bush nunca fue realizado, pero sí en su dimensión conceptual. *Sketchpad* comienza a emplearse en entornos académicos y universitarios de los Estados Unidos a partir de la década de los años sesenta del siglo XX, demostrando cómo la potencia de cálculo de una computadora podía ser de gran utilidad para la representación gráfica de formas y trazados geométricos. A partir de este hito, comienza la gestación del paradigma del *computer-aided Design* o, simplemente CAD.

Aunque el primer software CAD ve la luz de manera comercial en 1963, su costo lo hacía imposible de adquirir por la enorme mayoría de las universidades a nivel global, y su uso y desarrollo quedó relegado a un pequeño sector de investigadores de universidades de élite. No obstante, hacia 1979, comienzan a gestarse los procesos CAD/CAM<sup>2</sup> a través de software para tareas de desarrollo de cadenas de montaje. Si bien, como la enorme mayoría de los desarrollos tecnológicos, su uso primario fue en el ámbito industrial y militar, el efecto derrame del CAD terminó de gestar la aplicación específica de este paradigma, que se conoce como *computer-aided architectural design*, o CAAD. Un nombre lo suficientemente amplio como para mantener su vigencia por varias décadas. Su aplicación fue virando desde un uso meramente representativo hacia uno más orientado a la creación y reproducción de bases de datos capaces de contener todas las lógicas inherentes a un diseño arquitectónico dado.

El conocido software AutoCAD surge comercialmente primero para la plataforma Sun, y luego lanza su versión para D.O.S. en 1992. Esta versión se actualizaría tres años más tarde para integrarse con Microsoft Windows 95. A partir de ahí, su evolución sería constante y acelerada, integrando las funcionalidades otorgadas por las tarjetas gráficas -a la sazón, tarjetas monocromo Hércules o tarjetas EGA/VGA, que oscilaban entre 16 y 256 colores- y los nuevos periféricos, que Microsoft había adoptado de Apple, y Apple de Xerox. Concretamente, el uso del mouse (Isaacson, 2011).

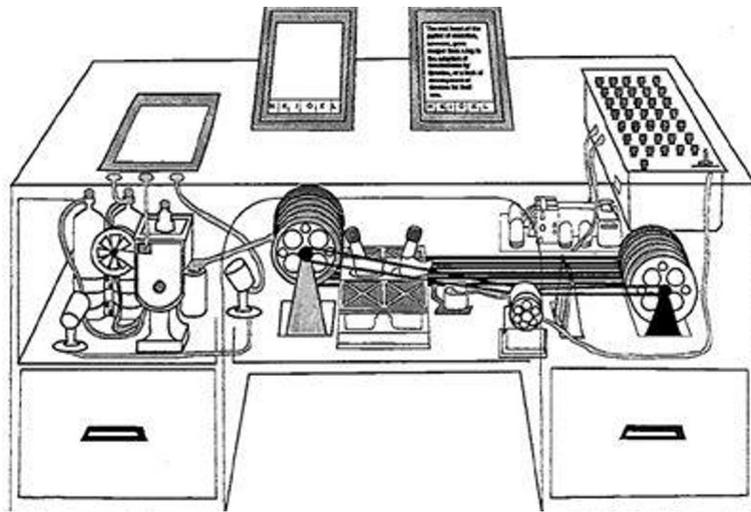
Los límites del CAAD son fluidos, y operan en dos niveles. En un primer nivel, se considera el cálculo y la geometría del proyecto, que puede incluir tanto gráficos bidimensionales o geométricos como modelos espaciales digitalmente creados. En un

---

<sup>2</sup> *Computer-aided design / Computer-aided manufacturing.*

segundo nivel, opera la metainformación proyectual, a través del desarrollo de consultas, manejo de bases de datos, cronogramas, y demás información calculable o visualizable a través del poder computacional. En ambos niveles se considera la utilización del CAAD, con las especificidades de cada software aplicado a cada caso, no existiendo una separación clara entre ellos, más sí una yuxtaposición, o un entramado complejo urdido entre ellos.

Es aquí donde la caracterización de uso termina por definir el posicionamiento de la herramienta computacional en el contexto del desarrollo de la actividad proyectual. En definitiva, si este poder de cómputo es una herramienta al servicio del proceso, o si en realidad es parte del proceso de pensamiento proyectual. En este caso, surgiría lo que se conoce como *architectural computing*, estrechamente relacionado al pensamiento computacional, como se verá en el apartado siguiente.



*Fig. 20 - Esquema del Memex, de Vannevar Bush.*

*Fuente: <https://shorturl.at/hwyL4>*

### 3.1.1. *Computerization vs computation*

Terzidis (2006) introduce un interesante debate a partir de la inclusión del poder computacional en el proceso proyectual. Este se propone caracterizar dos concepciones diferentes, a menudo confundidas. Se trata de las nociones de *computerization* y *computation*. Generalmente referidas como “informatización” y “computación”, en textos españoles. Si bien las traducciones son perfectamente válidas y aplicables, se mantendrán en esta tesis los conceptos originales en inglés, tal como se ha referido renglones arriba.

*Grosso modo*, *computation* refiere al procedimiento de cálculo, determinando resultados por métodos lógico-matemáticos, mientras que *computerization* expresa el acto de ingresar, procesar o simplemente almacenar información en un sistema informático. En tal sentido, su uso hace referencia a los procesos de mecanización, automatización de tareas, o bien, de digitalización de datos. Por el contrario, la idea misma de *computation* refiere a la exploración de procesos indeterminados. Su naturaleza es exploratoria. Su objetivo no es digitalizar, sino emular los procesos de pensamiento humanos, por medios digitales. Es una suerte de proceso racionalizador, que involucra ideas como lógica, deducción, inducción, aplicación algorítmica, extrapolación, y estimación. Posee diversas implicancias, entre ellas, la resolución de problemas, simulación de estructuras cognitivas, mentales, y elaboración de reglas para la inteligencia artificial, entre otras.

Picon (2006), en el prólogo a la edición del libro de Terzidis, declara que: “*Typically, the positions regarding the role of the computer in architectural design fall into two categories. For many designers, the computer is just an advanced tool running programs that enable them to produce sophisticated forms and to control better their realization. For those designers, although the machine does alter significantly the nature of the architecture that is produced, it is not necessary or even desirable to enter into the details of its inner processes.*”<sup>3</sup> Esta visión, extendida aún hoy en varios ámbitos académicos, entre los cuales se encuentra -lamentablemente- buena parte de

---

<sup>3</sup> “Por lo general, las posiciones con respecto al rol de la computadora en el diseño arquitectónico se dividen en dos categorías. Para muchos diseñadores, la computadora es solo una herramienta avanzada que ejecuta programas que les permiten producir sofisticados formularios y controlar mejor su realización. Para esos diseñadores, aunque la máquina altera significativamente la naturaleza de la arquitectura que se produce, no es necesario ni siquiera deseable entrar en los detalles de sus procesos internos”. Traducción del autor.

nuestra Facultad e Arquitectura, Diseño y Urbanismo, peca de una importante estrechez de miras, puesto que tiende a ignorar o incluso a veces a desconocer de manera deliberada la segunda categoría aludida por Picón, a la que claramente adscribe Terzidis<sup>4</sup>. Esta, consiste en una visión más involucrada con los procesos desarrollados por la computación, no desde el rol meramente operativo antes mencionado, sino como una descajanización de la programación, como un camino exploratorio de nuevos objetivos. En tal sentido, Picon (2006) se expresa así: *“design is not properly an invention, the creation of something absolutely new. It should rather be considered as the result of an unveiling or a rediscovery process. There is something almost pre-Socratic, or, to take a reference closer to our time, neoclassical, in this conception of design as a kind of return to an existing state of things that has fallen into oblivion.”*<sup>5</sup> En esta misma línea de pensamiento, Terzidis expresa que no es viable considerar la computación como una extensión de la mente, pero sí como un elemento asociado en el proceso de generación proyectual. El poder computacional es para él, pues, un aliado que posee aptitudes diferentes, y capacidades ampliadas. No es un espejo en el cual mirarse, sino un “elemento otro”, una alteridad que complementa al diseñador en su manera de pensar y de entender el acto de proyecto en sí mismo.

El concepto de *computation* tiene un estrecho vínculo con el de creación algorítmica. Si bien la forma en la que trabaja una máquina se distancia bastante del modo en el que trabaja el pensamiento humano, una visión más ampliada sobre el tema parecería arrojar una situación por lo menos un poco menos definida, de bordes más difusos. La mente trabaja mediante reglas que se crea para enfrentar la originalidad de la tarea que se propone llevar a cabo. Las reglas generadas no difieren tanto de las reglas algorítmicas, y a menudo, son tan restrictivas como estas. Podría decirse que la habilidad esencial de la máquina es no depender del necesario estímulo que requiere

---

<sup>4</sup> Sobre este apartado en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República, se recomienda ver la tesis del Mg. Arq. Raúl Buzó, realizada en la Facultad de Información y Comunicación, titulada *“Las estrategias de diseño digital en las etapas del proceso de proyectos de arquitectura. Un estudio de caso dentro del curso de TFC del Taller Comerci en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo durante los años 2018 y 2019”*.

<sup>5</sup> “...el diseño no es propiamente una invención, sino la creación de algo absolutamente nuevo. Más bien debe considerarse como el resultado de un proceso de develamiento o redescubrimiento. Hay algo casi presocrático, o, para tomar una referencia más cercana a nuestro tiempo, neoclásico, en esta concepción del diseño como una especie de retorno a un estado de cosas existente que ha caído en el olvido”. Traducción del autor.

la mente humana (motivación, interés en el resultado, desarrollo personal, etc.), y además, no poseer la tendencia a cometer errores de procedimiento por distracciones, estrés o fatiga.

En otras palabras, la alteridad que Terzidis atribuye a la máquina también está presente en lo humano, en lo aparente oposición entre el impulso creativo y el conjunto de reglas que nos permiten controlarlo. ¿Es lícito plantear como real esta oposición? Sobre las reglas humanas, las reglas establecidas por la mente, se puede decir que obedecen a principios no necesariamente conocidos. Muchas veces imposibles de atribuir. Así pues, una parte de la mente humana responde a motivaciones inconscientes -y en ocasiones, indescribibles- y otras responde al seguimiento de estrictas reglas preestablecidas. Es esta última caracterización la que determina una zona de similitud entre el pensamiento humano y las lógicas algorítmicas.

Aunque, como surge de la profusa literatura científica de *papers* publicados en diversos *journals* y congresos, comienza a vislumbrarse un cambio en la tendencia en algunas universidades de los países centrales, es lícito sostener que en el momento actual, el modo predominante de empleo de lo digital en la generación del proyecto es aún el definido como *computerization*. Las ideas de proyecto, los procesos y sus lógicas internas son generadas en la mente del diseñador y luego introducidas, manipuladas y redefinidas dentro de un sistema informático. La visión alternativa (*computation*) continúa siendo limitada, y producto de esto, los diseñadores no logran todavía un aprovechamiento pleno de las ventajas del poder computacional. Este aprovechamiento pleno, al cual se arribará luego de superar la inercia actual, implicará una suerte de comunión entre idea y proyecto, mediada por software. De esta manera, se desbloqueará la posibilidad de generar morfologías espaciales basándose en las reglas inherentes a los programas arquitectónicos, las tipologías, el código de construcción y el lenguaje mismo. En lugar de la programación directa, la codificación de la intención del diseño se realizará utilizando lenguajes de secuencias de comandos disponibles en paquetes de manejo de bases de datos -con sus correspondientes correlatos modelísticos- contemplando estructura, coherencia, trazabilidad y potencialidades de desarrollo. Esto implicará, en cierto modo, un modo de trascender las limitaciones establecidas por el software actual. Un cambio de modelo de pensamiento de la "programación de la arquitectura" a la "arquitectura de la

programación", una opción alternativa para el mejor aprovechamiento de la potencia computacional. Más allá de lo expuesto, existen algunas visiones algo críticas con la idea de Terzidis que, al margen de su escasa incidencia, merecen también su destaque. Es el caso de Adam y Stephanie Holloway<sup>6</sup>. Ellos apuntan que, si bien el poder computacional es valioso para el arquitecto no como una réplica de la mente humana, sino como una lógica complementaria para ampliar su intelecto, en el proceso de diseño hay también una racionalización de decisiones humanas, pero también una fuente de inspiración impredecible e indeterminable, basada en esas decisiones. Esto es, en parte, una reivindicación del valor humano en el proceso creativo. Y con ella, se asume una humanización -si cabe el término- de la arquitectura del algoritmo, o la "*algotecture*", como el mismo Terzidis (2006) la define.

Probablemente, el compromiso de Terzidis con la *algotecture*, es su capacidad para sorprender, para revelar procesos morfogeneradores que están, al menos *a priori*, más allá del alcance de la mente humana. La no linealidad inherente del proceso de diseño algorítmico, como lo expresa DeLanda (2002), solo puede ser útil si es capaz de explorar un espacio en el cual las configuraciones potenciales son inabarcables por la mente humana, configurando así, un aporte sustancial para pensar el pasaje del *computer-aided design* al *architectural computing*.

---

<sup>6</sup> <https://makeandtalk.wordpress.com/2011/12/25/a-critique-of-kostas-terzidiss-argument-for-the-algorithm-as-a-digital-design-language/>  
Fecha de consulta: enero 2023.



*Fig. 21 - Equipos de fabricación digital aditiva. FabLab.MVD. Fuente: foto del autor.*

### 3.1.2. Sistemas digitales de representación. CAD/CAM, *nurbs* y mallas

En general, en el contexto académico de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República, tanto como en las escuelas y facultades de diseño de la región, en las que el uso de las tecnologías digitales se enmarca en la definición de *computerization* de Terzidis, la noción comúnmente aceptada de “representación”, viene asociada a ideas que tienen su origen en el Renacimiento. Y a partir de ellas, lo digital se piensa como un sucedáneo, o un complemento técnico capaz de mejorar las capacidades representativas de las herramientas convencionales. En ocasiones, estas se vinculan estrechamente tanto con lo artístico como con lo técnico.<sup>7</sup> En tal sentido, Folga (2014), expresa que utilizar los nuevos medios para revalorizar un recurso tradicional de representación, se muestra como una manera legítima y eficiente de representar arquitectura mediante la incorporación de “herramientas informáticas”.

Los sistemas de representación en arquitectura, desde el Renacimiento, incluyen dibujos a mano alzada, plantas, alzados, secciones y perspectivas. Alberti, en “De Re Aedificatoria”, establece la asociación de segmentos a medidas, y de este modo, establece las bases de la representación escalar actual. De este modo, estos sistemas fueron utilizados para representar diseños de manera clara y precisa, y comunicar así la información a todas las partes involucradas, de manera efectiva. El dibujo a mano alzada es, sin dudas, uno de los métodos más antiguos y básicos de representación proyectual. Además de los sistemas de representación tradicionales, durante el Renacimiento también se desarrollaron nuevas técnicas de representación gráfica, como la perspectiva aérea y la perspectiva curva, que permitieron a los arquitectos mostrar sus diseños de manera más realista y precisa. En la actualidad, estos sistemas de representación clásicos aún se utilizan en la arquitectura junto con otras herramientas más modernas. Sin embargo, siguen siendo fundamentales para la visualización y comunicación de proyectos de arquitectura y para la planificación y evaluación de proyectos de construcción. La perspectiva geométrica fue utilizada por primera vez por artistas italianos del Renacimiento, como Filippo Brunelleschi y Leon Battista Alberti. Brunelleschi es conocido por haber sido uno de los primeros en utilizar la perspectiva para crear ilusiones de profundidad en escultura y arquitectura, mientras

---

<sup>7</sup> En este punto, se recomienda ver la tesis del Mg. Arq. Raúl Buzó, referida en nota precedente.

que Alberti fue uno de los primeros en escribir un tratado sobre la perspectiva, en el que describió los principios matemáticos que subyacen en esta técnica.

No obstante, la idea de la interpretación y representación del proyecto mediante las técnicas clásicas, ha sido superada por el estado del arte de la tecnología, a partir de la inclusión de la geometría espacial en formatos digitales. Las NURBS (siglas en inglés de "curvas y superficies no uniformes de B-spline") son una técnica matemática utilizada en diseño y animación para crear curvas y superficies suaves al tiempo que precisas. En sus inicios, se utilizaron mayormente en aplicaciones industriales como el diseño de automóviles y aviones, y luego tuvieron un derrame disciplinar sobre la arquitectura, la ingeniería, y el diseño en general a través de la animación y el diseño de videojuegos y otros insumos digitales. Una NURBS es una curva o superficie que se define mediante un conjunto de puntos control, y un conjunto de pesos asociados a cada punto de control. Estos pesos determinan la influencia de cada punto de control en el resultado final. Una de las principales ventajas de las NURBS es su precisión y flexibilidad. Tienen la capacidad de crear curvas y superficies muy suaves y precisas, y son fáciles de editar y modificar una vez definidas. También se pueden utilizar para crear formas complejas con un mínimo de puntos de control, lo que las hace ideales para aplicaciones en las que se requiere un alto grado de precisión y una representación compacta de la forma. Las NURBS se representan matemáticamente mediante tensores métricos, los cuales son interpretadas y visualizadas por software específico para ello. Los programas de diseño y animación más populares, como AutoCAD, Rhino, Maya, 3ds Max, incluyen herramientas para trabajar con NURBS, permitiendo a los usuarios crear y editar curvas y superficies complejas, de modo simple, a través de la capacidad de procesamiento computacional. Asimismo, la integración de las leyes de la física a la modelización digital, permite la incorporación de elementos fotorrealistas, introduciendo variables complejizadoras, como iluminación, textura, pesos, cálculos internos, etc.



*Fig. 22 - Equipo de corte por control numérico. FabLab.MVD.*

*Fuente: foto del autor.*

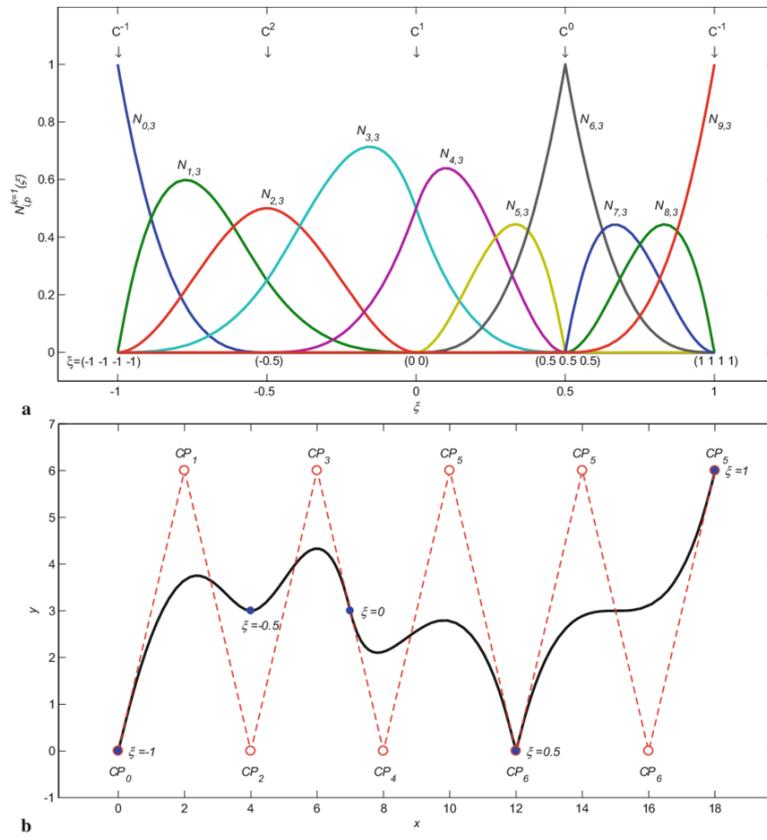


Fig. 23 - NURBS. Esquema de funcionamiento.

Fuente: <https://shorturl.at/dfrC5>

Por otro lado, la tecnología CAM (*computer-aided manufacturing*) se origina en la década de los setenta, con el objetivo de automatizar los procesos de fabricación. Los primeros programas de CAM se utilizaron para controlar las máquinas-herramienta, como tornos y fresadoras, y permitían generar código de control para máquinas CNC (control numérico por computadora), a partir de los diseños creados con CAD. Con el tiempo, los programas de CAM se han ido perfeccionando y permiten generar códigos para una variedad de procesos de fabricación, incluyendo mecanizado, torneado, fresado, taladrado, corte por láser, entre otros. En la actualidad existen sistemas CAD/CAM Integrados que permiten ir del diseño a la producción de manera mas fluida, reduciendo errores y mejorando la eficiencia en el proceso productivo. En resumen, la tecnología CAD/CAM surge como una forma de mejorar la eficiencia en los procesos de diseño y fabricación, permitiendo crear diseños más complejos y detallados y automatizar los procesos productivos. Esta tecnología ha sido soporte de la industria del diseño durante más de sesenta años. A través de ella, los modelos digitales prototipan con velocidad, utilizando máquinas de creación rápida que materializan modelos físicos a partir de los datos digitales. Una vez que el modelo digital es refinado y completado, los datos se transfieren a máquinas controladas por computadora, que luego fabrican las piezas -o eventualmente moldes para piezas-, a pequeña, mediana y gran escala a partir de una amplia gama de materiales, como aluminio, acero, madera y plásticos. Esto puede ser apreciado en distintos proyectos de arquitectura. A propósito de un enfoque específico en este tema, se pueden ver los análisis realizados por Kolarevic (2003), Dunn (2012), Iwamoto (2009), o Fox (2016), entre otros.

La integración del modelado digital NURBS y los procesos CAD/CAM se dio como una evolución natural de la convergencia de distintas tecnologías, construyendo así posibles exaptaciones de cada una de las tecnologías involucradas. De este modo, la aplicación de las tecnologías de modelado digital espacial, la simulación de la física involucrada dentro del modelo, y la materialización del proyecto -su pasaje de bits a átomos- convergen en un único proceso creativo que puede, asimismo, descomponerse desde diferentes ópticas y ser diseccionado y estudiado desde múltiples miradas. La forma de transmisión del proyecto a partir de la representación en términos clásicos, deviene pues, en una forma de convergencia retroalimentada entre el pensar y el hacer; entre el pasaje de bits a átomos; y de átomos a bits.

### 3.1.3. Inteligencia artificial y aprendizaje automático.

Tal como se ha visto en el capítulo precedente, la automatización de los procesos de diseño deviene del particular interés por la optimización de procesos productivos, especialmente a partir de la Revolución Industrial, pero también de la atávica pulsión artística humana. En tal sentido, las tecnologías robóticas se alinean en una suerte de comunión epistémica, en la cual el pensar y el hacer dejan atrás la disociación previa y se integran como partes de un mismo proceso sistémico, que se nutre de sus retroalimentaciones, y a partir del cual, además, se sientan las bases de un aprendizaje automatizado.

La historia del aprendizaje automatizado o del *machine learning* es, en buena parte, la historia de la inteligencia artificial moderna. Sin embargo, la historia misma de la inteligencia artificial, está erigida a base de ensayos, errores, problemas y - sustancialmente- controversias. Estas últimas, especialmente de corte ético. Su estatus actual, asignado por algunos teóricos, como una suerte de magia negra o de bendición salvadora de la humanidad en términos de una “supercognición” post humana, según el caso, solo consigue profundizar el desconocimiento sobre su entidad, alcances y formas de operar.

Pasquinelli (2023), plantea un interesante paralelismo, según el cual, el estado actual de la inteligencia artificial y el aprendizaje automatizado, serían equiparables al estadio histórico en el cual se inventó la máquina de vapor -en los tiempos de Newcomen- pero no estaban aun en carpeta las necesarias leyes de la termodinámica, para controlar, regular y optimizar el uso de esa nueva fuerza. Esto llegó con el tiempo, y permitió un incremento radical de la potencia de uso. En el caso actual, tanto la teoría como los marcos explicativos, y las pautas generales para el uso de la nueva colección de herramientas de IA, se encuentran en etapa embrionaria. Mientras que el avance de la inteligencia artificial y el aprendizaje automatizado avanzan en una carrera acelerada por el desarrollo, la confección de marcos conceptuales para su evolución, se coloca todavía bastante más en retaguardia.

El *machine learning*, en tanto instrumento de creación de conocimiento, se compone de tres elementos fundamentales. El primero de ellos, es el objeto que será observado, aquel del cual se aprenderán características, relaciones entre sus partes,

taxonomías y criterios. A esto se lo denomina *training dataset*. El segundo, corresponde al instrumento con el cual se observa ese objeto, comúnmente conocido como algoritmo de aprendizaje, o *learning algorithm*. Completa la triada, el resultado final, es decir, el modelo estadístico, que arroja los posibles resultados del aprendizaje automático y que, de manera recursiva, se suman también al *dataset* original, para llevar adelante nuevas iteraciones del mismo proceso.

La era post pandémica ha sido particularmente ferviente en términos de creación y ejecución de nuevas herramientas de inteligencia artificial, conformando resultados cada vez más ajustados, realistas y sorprendentes. No obstante, es importante destacar que la inteligencia artificial no constituye un modelo paradigmático, racional y coherente al cien por ciento, sino que se compone de distintas técnicas, metodologías, y procedimientos, no exentos de sesgos de todo tipo, donde los resultados también se ven afectados en su génesis y en su valor final.

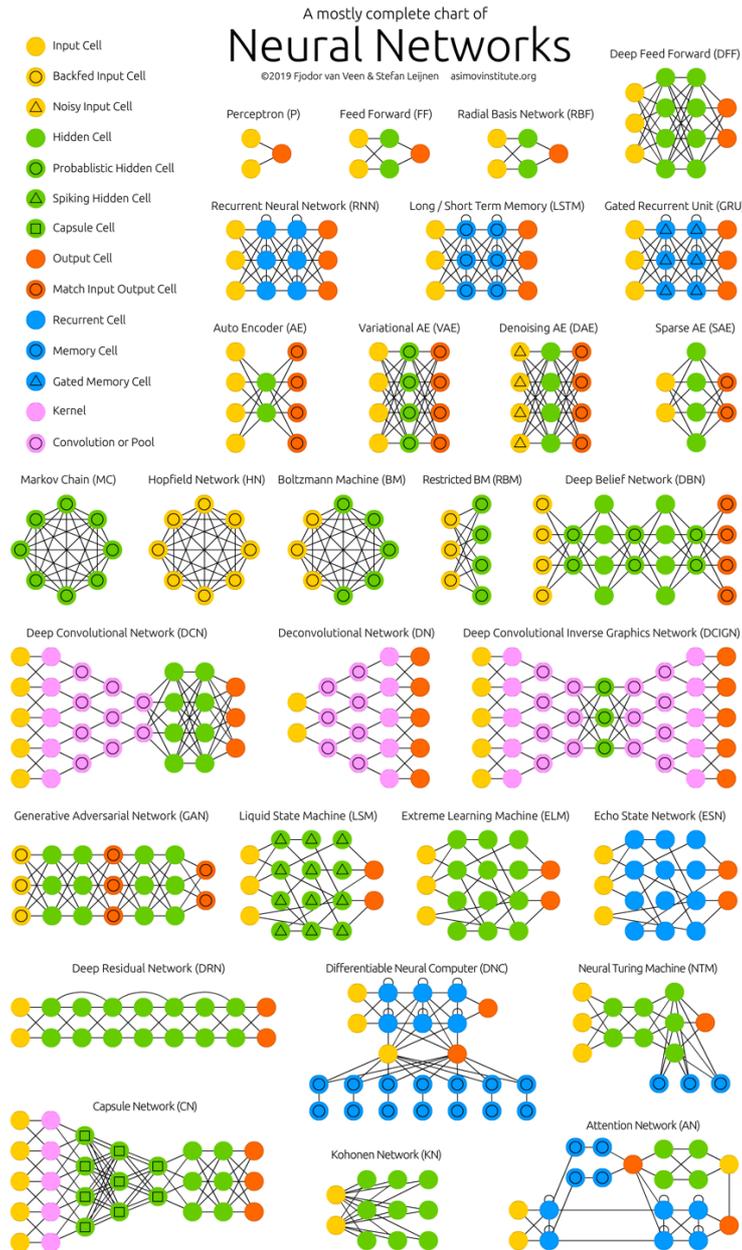


Fig. 24 - The Neural Network Zoo.

Fuente: <https://shorturl.at/aFGKV>

Se entiende, según el consenso de varios autores, que las etapas de la inteligencia artificial son tres: inteligencia artificial estrecha (actual); se enfoca en una sola tarea dentro de un rango definido, con un entrenamiento específico, también se conoce como inteligencia artificial débil; inteligencia artificial general, es la que se alcanza cuando una máquina alcance las capacidades cognitivas de un ser humano (no la hemos alcanzado aún), es la inteligencia artificial fuerte; y por último, la superinteligencia artificial, la fase final, en la cual la inteligencia humana habrá sido superada para siempre.

Poniendo la lupa sobre los tres casos, el planteo formulado por Bostrom (2016) puede resumirse en que la inteligencia artificial estrecha tiene sin dudas un impacto significativo en nuestra sociedad, tanto positivo como negativo. Por un lado, estos sistemas pueden mejorar la productividad general, automatizar tareas tediosas y colaborar con la humanidad en la resolución de problemas complejos. Por otro, existe la inevitable preocupación de que la dependencia excesiva de la inteligencia artificial estrecha pueda conducir a la pérdida de empleos y a la falta de control humano sobre las decisiones más críticas.

La inteligencia artificial débil en cambio, va un paso más allá de la inteligencia artificial estrecha. Se refiere a un sistema que puede superar a los humanos en un conjunto limitado de tareas, pero aún no tiene la capacidad de igualar o superar la inteligencia humana en todos los aspectos. La inteligencia artificial débil plantea desafíos éticos y filosóficos, ya que podría tener implicaciones en la autonomía humana y en la distribución del poder.

La superinteligencia es acaso el concepto más intrigante y desafiante que Bostrom ha planteado. Se refiere a una forma de inteligencia artificial que supera significativamente la inteligencia humana en todos los aspectos. Bostrom (2016) advierte que la creación de una superinteligencia plantea riesgos existenciales para la humanidad si no se abordan adecuadamente. Una superinteligencia podría tener una capacidad de automejora exponencial, lo que significa que podría mejorar rápidamente su propia inteligencia y superar la comprensión humana. Esto plantea preocupaciones sobre la posibilidad de que una superinteligencia pueda tener objetivos incompatibles con los valores humanos y tomar medidas que sean perjudiciales para la humanidad. Aunque de momento, este tipo de hipótesis parecen emerger exclusivamente del

terreno de la ciencia ficción, no son ideas descartables sino escenarios posibles dentro de la ficción especulativa y los horizontes que a partir de ella se generan.

La aceleración en la curva evolutiva del entrenamiento de las diversas inteligencias artificiales según diversos métodos tales como GAN, Stable Difussion, o DALL-E, promueve el advenimiento de escenarios de creación e ideación capaces de automatizar las exploraciones estéticas, representativas y proyectuales, de un modo nunca antes imaginado. No obstante, estos métodos de creación a través de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, poseen también algunas limitaciones. Estas limitaciones son percibidas actualmente gracias al discurso sobre el sesgo, es decir, la amplificación de la discriminación de género, raza, capacidad y clase social por parte de los algoritmos.

En el aprendizaje automático, es necesario distinguir entre el sesgo histórico, el sesgo del conjunto de datos y el sesgo del algoritmo, los cuales ocurren en diferentes etapas del flujo de información. El sesgo histórico (o sesgo del mundo) ya está presente en la sociedad antes de la intervención tecnológica. No obstante, la naturalización de dicho sesgo, es decir, la integración silenciosa de la desigualdad en una tecnología aparentemente neutral, es perjudicial en sí misma. Esto, en la visión de algunos autores, como Pasquinelli (2020) puede llegar a promover nuevas tecnologías que reflejan y reproducen desigualdades previamente existentes, aun siendo percibidas como tecnologías más objetivas o más progresistas que los sistemas anteriores. El problema del sesgo es inherente a la conformación de los criterios de creación. El sesgo del algoritmo se introduce a través de la preparación de los modelos de entrenamiento por parte de operadores humanos. La parte más delicada del proceso es la etiquetación de datos, en la cual las taxonomías antiguas y acaso las más conservadoras pueden causar una visión ligera o enormemente distorsionada del mundo, tergiversando así las diversidades sociales y/o culturales. Al sesgo natural de este proceso, se le suma el sesgo algorítmico, que funciona como una forma de amplificación adicional sobre el *dataset*, aportado por el sistema mismo de aprendizaje automático. Este problema surge, fundamentalmente, debido a que los algoritmos de machine learning son tremendamente eficientes en términos de compresión de información, una cualidad que genera problemas de resolución, difracción y pérdida general de información. Esto se debe, en lo medular, a que el diseño mismo de los algoritmos tiene su base en un criterio de economía de recursos. Esto es, procurar

alcanzar resultados con el menor número de pasos, y con la menor cantidad de recursos. Esto incluye los recursos físicos y los energéticos: espacio, tiempo, y energía necesaria. Este criterio de partida, que en principio es favorable a la eficiencia del sistema, es también el cimiento de una serie de limitaciones que conforman el sesgo adicional referido. A este problema, se lo denomina “el efecto de la caja negra”.

Este efecto es un problema real en las redes neuronales profundas (que filtran la información de tal manera que su cadena de razonamiento no puede ser revertida), pero se ha convertido en un pretexto genérico para afirmar que los sistemas de inteligencia artificial no solo son inescrutables y opacos, sino incluso sistemas alienados y fuera de todo control. Esto proviene, a todas luces, de la extendida idea de opacidad y falta de comprensión general en los sistemas de inteligencia artificial

Aunque el efecto de la caja negra es real en las redes neuronales profundas, es verdad que es también parte de la naturaleza de cualquier máquina experimental en las primeras etapas de desarrollo. El problema real radica en la retórica asociada a la caja negra, que a menudo se vincula con teorías de conspiración y presenta a la inteligencia artificial como un poder oculto que no puede ser estudiado, comprendido o controlado. Y arribando a este punto, corresponde decir claramente que las inteligencias artificiales, los sistemas de aprendizaje automático, y los *datasets* para el entrenamiento de los sistemas, no son instrumentos anodinos o tecnologías neutras. Son, por el contrario, herramientas de acción en el campo político, donde se decide nada más y nada menos que el futuro de la humanidad. La disciplina que conocemos como *architectural computing* no escapa a estas premisas, ni a este colosal destino.

### 3.2. De los bits a los átomos y de los átomos a los bits

La idea, pues, de *architectural computing* en sí misma, remite inexorablemente a la interconexión entre el mundo digital (“*computing*”) y el mundo físico (lo arquitectural). En otras palabras, remite a lo matérico y lo informacional, de una manera coherente y unificada. En tanto que los "bits" representan la información digital que se transmite y almacena en forma de datos binarios (ceros y unos), los "átomos" representan la materia y la realidad física. Y se construye así una relación bidireccional entre estos dos mundos. Por un lado, la tecnología digital permite la representación y manipulación de información en forma de bits -lo cual ha revolucionado la forma en que la información es generada, construida, almacenada y diseminada-, y por otro, la convergencia de la tecnología digital con avances en campos como la nanotecnología, la biotecnología y la fabricación aditiva (impresión 3D) habilitan a la materialización de objetos y dispositivos físicos a partir de esa información digital. Esta trasposición de un estado al otro, que funciona como una suerte de “moderna alquimia” -si se tolera la sinécdoque- de corte tecnológico, requiere de estrategias proyectuales, de tecnologías apropiadas a esas estrategias, y de una necesaria reflexión ontológica de corte amplio, donde la ética se une a la técnica, para construir el trasfondo filosófico del *architectural computing*, y la naturaleza emergente de la materialización de bits -y su proceso reverso, la digitalización de los átomos-.

#### 3.2.1. Estrategias proyectuales: sección, teselado, pliegue, contorneado y formado.

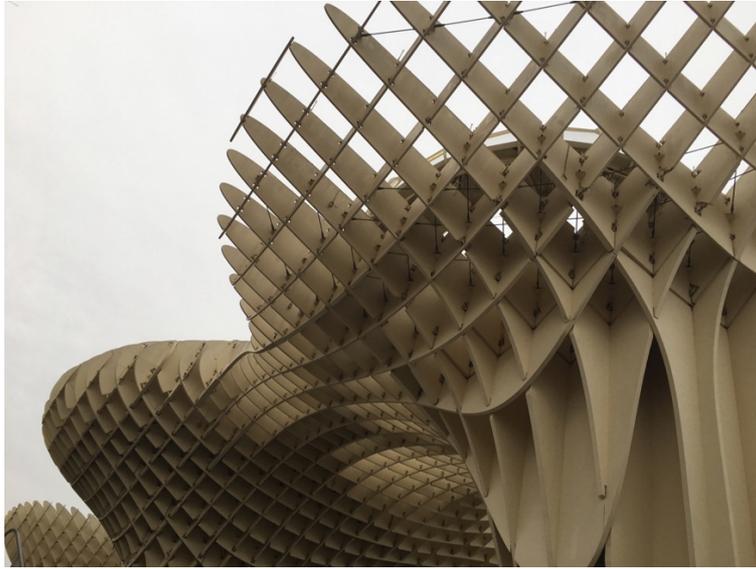
Iwamoto (2009) sostiene que en el tiempo actual, resulta impensable el diseño arquitectónico sin la mediación de lo digital. Esto es, en otras palabras, la determinación del *architectural computing* como un paradigma ya imposible de ignorar. Estas herramientas se emplean en cada etapa del proceso arquitectónico, desde el diseño conceptual hasta la construcción. El modelado, la visualización tridimensional, la generación de formas, los sistemas de modulación por *scripts*, el análisis estructural, térmico, acústico, la gestión y coordinación de proyectos, y la producción física son solo algunas de las prácticas digitales utilizadas por arquitectos y empresas dedicadas a la construcción. La fabricación digital -esto es, el pasaje de bits a átomos- suele ser una de las últimas etapas de este proceso y, como su nombre lo indica, es un método de producción de realidad física que emplea datos digitales para nutrir y controlar el proceso, ya sea en su totalidad o en parte. La fabricación digital, o fabricación mediada

por computadora (CAD/CAM) se basa, en esencia, en la utilización y puesta en valor de herramientas digitalmente para construir, cortar, o producir piezas. Estas responden a distintas estrategias proyectuales, que son: sección, teselado, pliegue, forma y contorno.

La estrategia del seccionado, implica el trabajo en profundidad y altura para generar formas distintivas. Las proyecciones ortográficas, esto es, los planos y las secciones, son una de las formas de representación más empleadas a lo largo de la historia. Son dispositivos de comunicación y transmisión del diseño que, a la luz de la aplicación de las tecnologías CAD/CAM, transforman la obtención de secciones en un ejercicio capaz de emanciparse de su naturaleza bidimensional, para facilitar la creación de realidades físicas tridimensionales. Hoy por hoy, el seccionado consiste en un proceso de realizar cortes en un objeto tridimensional formado. A medida que los diseños proyectuales devienen de geometrías cada vez más complejas, utilizar la sección como método para obtener numerosas secciones transversales es una técnica eficaz y convincente al mismo tiempo. En lugar de construir la superficie en sí misma, la sección utiliza una serie de perfiles cuyos bordes siguen las líneas de la geometría de la superficie. Los equipos de corte, de tipo CNC, láser o cualquier otra tecnología CAD/CAM, pueden cortar secciones paralelas casi instantáneamente a través de objetos en intervalos designados. Esto agiliza eficazmente el proceso de realizar secciones paralelas en serie. Esto facilita la creación de ensamblajes seccionales como una forma de producir tanto superficie como estructura.

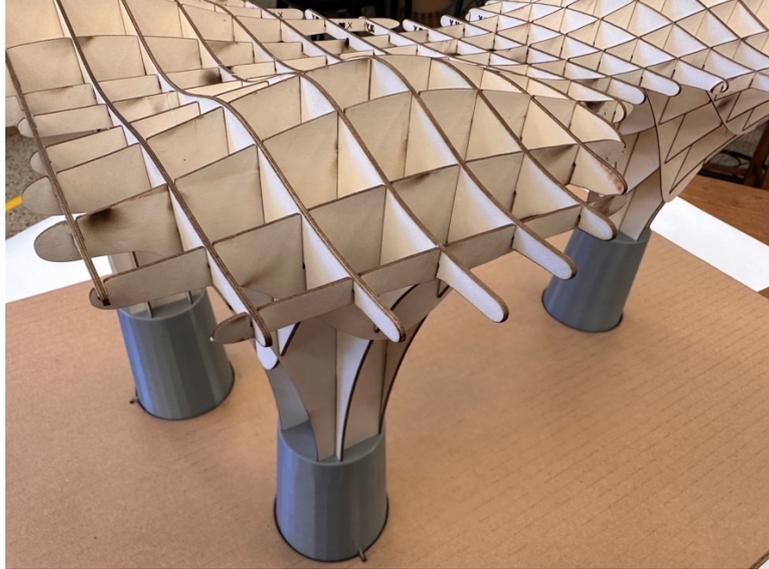
Como ya se ha mencionado anteriormente, el llamado *trickle-down effect*, produce un derrame tecnológico sobre nuevos usos. Si bien el seccionamiento es una técnica distintiva de lo que Carpo denominó el “giro digital”, tiene una larga historia previa. Se utilizó comúnmente en la fabricación de aviones y barcos para crear superficies de doble curvatura asociadas a sus formas respectivas. Este tipo de piezas de diseño más ingenieril, como barcos o aviones, parten de una definición seccional como una serie de costillas estructurales, para luego ser revestidos en su superficie. Este proceso, denominado *lofting*, determina la forma de los paneles de revestimiento o superficie. Las superficies realizadas bajo esta técnica pueden ser desplegadas en piezas planas o rediseñadas geoméricamente en sección como curvas a lo largo de la superficie. En la era pre digital, esta técnica es apreciable en Le Corbusier, en el techo de la capilla Ronchamp, o por Frederick Kiesler, cuyo trabajo se abordará en detalle en

el capítulo siguiente. Más tarde, ya en pleno giro digital, Greg Lynn formula un enfoque nuevo, experimentando con la construcción por secciones, y lo expone como una mirada arquitectónica a partir de fuerzas dinámicas, flujos y organizaciones (Lynn, 1999).



*Fig. 25 - Estrategia de seccionado. Metropol Parasol.*

*Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 26 - Estrategia de seccionado. Producción del FabLab.MVD, Arq. Paulo Pereyra.  
Fuente: Foto del autor.*

La segunda estrategia proyectual arriba referida, esto es, el teselado, consiste es una colección de piezas que encajan sin dejar espacios para formar un plano, una superficie o un espacio. Las teselaciones pueden tener diversas formas, siempre y cuando se ensamblen de manera apropiada. Los *patterns* de M.C. Escher son habitualmente referidos como ejemplos de teselado. En proyecto arquitectónico, el término hace referencia tanto a los patrones de azulejos en edificios como a los patrones de malla definidos digitalmente.

El teselado se puede encontrar en buena parte de la producción arquitectónica mundial, desde los ornamentos de las iglesias bizantinas hasta los relieves de las mezquitas otomanas, buena parte de la arquitectura persa o los vitrales de las grandes catedrales europeas. Debido a que estos ejemplos tempranos se fabricaban manualmente, los patrones globales se lograban en general siguiendo un proceso de ensamblando de múltiples piezas pequeñas siguiendo un diseño o una imagen predefinida. Este era un proceso que requería mucho tiempo, pero esta técnica era muy útil para procurar una gran variación figurativa, imaginativa, tonal y geométrica. Las tecnologías digitales han revitalizado el interés del mundo del diseño por los patrones y el teselado, ya que ofrecen una mayor variación y modulación a través de la fabricación no estándar, al mismo tiempo que brindan una economía inherente de medios. Trabajar digitalmente permite el movimiento de un formato representacional a otro, por ejemplo, desde un modelo digital hasta un archivo vectorial y luego a un método de fabricación (*file-to-factory*). Esta serie de traducciones permite un proceso de fabricación más fluido al tiempo que reduce significativamente el trabajo asociado con la transformación de un tipo de medio de diseño en otro.



*Fig. 27 -. Estrategia de teselado, modelo de Buckminster Fuller.*

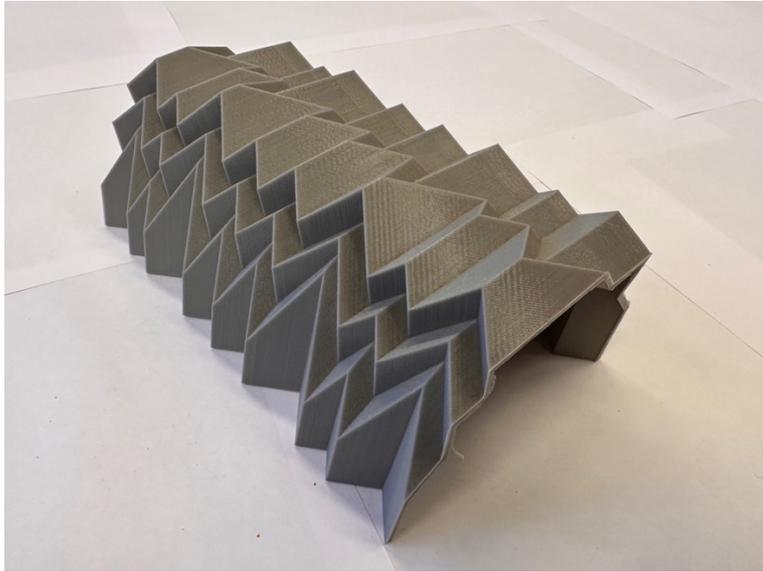
*Fuente: <https://shorturl.at/agu28>*



*Fig. 28 - Estrategia de teselado, reproducción realizada en FabLab.MVD. Arq. Marcelo Payssé.*

*Fuente: Foto de Gabriela Barber*

El pliegue, o *folding*, es la tercera estrategia proyectual, definida por Iwamoto (2009) como “una superficie plana en una tridimensional”. Es una técnica sumamente potente, tanto para la ideación morfológica como para la construcción de estructuras geométricas. El pliegue es, en sí mismo, una forma de dotar de rigidez a formas previamente planas. El plegado es, pues, una estrategia económicamente eficiente, estéticamente atractiva y en general, muy efectiva en sentido amplio. El acto del pliegue, el plegado, es un concepto teórico trabajado desde la filosofía por Deleuze, que puede adquirir un valor teórico en el proyecto, tanto como un valor material. Lynn (1993) sostenía que *"si hay un solo efecto producido en la arquitectura del plegado, será la capacidad de integrar elementos no relacionados dentro de una nueva mezcla continua"*. El plegado material, es decir, la condición física del pliegue, es en parte el resultado del proceso de producir un edificio en línea con sus aspiraciones conceptuales. Si los pisos se pliegan para convertirse en paredes y techos, entonces el material también debe plegarse. Existen múltiples ejemplos en este sentido, por lo que parece necesario explicitar que el plegado, en tanto estrategia proyectual, no se limita exclusivamente a la tectónica estructural. Su mayor cualidad es la de transformar dos dimensiones en tres, y a partir de esta cualidad, poder convertir la superficie misma en una construcción espacial tridimensional modulada. Con la fabricación digital, el plegado adquiere una nueva dimensión y se extiende a un método de construcción: los materiales de construcción se pliegan literalmente en su lugar. De todas las estrategias proyectuales abordadas en este apartado, el plegado ofrece quizás el mayor potencial de variedad porque es inherentemente capaz de manifestar una amplia gama de formas: superficies dobladas, placas plegadas y volúmenes envueltos entran todos dentro del ámbito del plegado. Estos métodos de producción de realidad física comparten un proceso de fabricación similar: se desarrollan superficies tridimensionales, esto es, se desenrollan o despliegan) para hacer plantillas bidimensionales para cortar, por distintas técnicas de fabricación digital sustractiva.



*Fig. 29 - Estrategia de plegado. Modelo impreso en FabLab.MVD.  
Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 30 - Estrategia de plegado. Air Force Academy Chapel.*

*Fuente: <https://shorturl.at/jpqvK>*

La estrategia del contorneado, por su parte, es una técnica que remodela superficies laminares y crea un relieve tridimensional al eliminar capas sucesivas de material. Es un proceso de sustracción, similar al tallado en patrones regulados. Es aplicable a distintos materiales, lisos y planos, ya sean contrachapados, compensados, MDF, OSB, láminas de corcho, etc. Como estrategia proyectual, es probablemente de las más antiguas, y aunque se ha aplicado muchas veces a lo largo de la historia misma de la arquitectura, desde el inicio de la Revolución Industrial su aplicación se ha visto limitada, fundamentalmente por la heterogeneidad de la mano de obra y la maquinaria necesarias para desarrollarla. No obstante, la fabricación digital ha permitido a la práctica proyectual trascender la acraica idea de que el tallado reside exclusivamente en la práctica artesanal tradicional. De hecho, la noción de la artesanía digital está ganando terreno rápidamente como una forma de revivir, mediante herramientas contemporáneas, la superficie tallada, ornamentada y articulada.<sup>8</sup> Estas herramientas incluyen *routers* y fresadoras CNC, que utilizan datos de trayectoria de herramientas de dos, tres o más ejes, derivados de modelos digitales, para tallar material sistemáticamente en una serie de contornos. Las herramientas son, en esencia, versiones controladas por computadora de equipos tradicionales de carpintería y metalurgia. Al igual que sus contrapartes analógicas, las fresadoras CNC se utilizan comúnmente para espumas, madera y metales blandos como aluminio y bronce. En la actualidad, existe una miríada de máquinas comúnmente utilizadas en proyectos a escala arquitectónica. Estas incluyen herramientas CNC de dos ejes, tres ejes o incluso fresadoras de cinco ejes. La terminología de ejes se refiere al número de grados de movimiento que la máquina puede ejecutar mientras corta. Al igual que otras técnicas de fabricación digital, el fresado CNC permite una transición más fluida entre el modelo computarizado y la construcción física. También abre la puerta a numerosas posibilidades de diseño y herramientas. El proceso de contorneado implica necesariamente traducir un modelo digital a un lenguaje que un enrutador controlado por computadora pueda entender. En resumen, decidir qué método utilizar es una cuestión de combinar la intención de diseño con las limitaciones de la máquina y el material.

El contorneado es, por su propia naturaleza, altamente intensivo en material y tiempo. Como un proceso de fabricación por sustracción, el fresado CNC elimina material de

---

<sup>8</sup> A este respecto, se recomienda ver el trabajo de Gambetta (2020). “Codificar sentidos. Los procesos artesanales como insumo para la fabricación digital en arquitectura”.

láminas o bloques vírgenes para crear piezas. Inherente a este proceso es el desperdicio de material, a veces en gran cantidad, y al mismo tiempo, el material sobrante recibe una atención y trabajo de diseño extremadamente cuidados. En consecuencia, el contorneado es consistentemente utilizado por los arquitectos para elevar materiales de construcción relativamente comunes a niveles extraordinarios.



*Fig. 31 - Estrategia de contorneado. Modelo desarrollado en FabLab.MVD. Arq. Paulo Pereyra.  
Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 32 - Estrategia de contorneado. Tianjin Binhai Public Library.*

*Fuente: <https://cutt.ly/Uw3uqh5h>*

El formado es la última de las estrategias proyectuales es el formado. Se trata de una técnica que aprovecha una economía inherente de medios al generar múltiples piezas a partir de un pequeño número de moldes o formas. Por esta razón, es comúnmente utilizada para la fabricación en masa de productos. En el campo de la arquitectura, el conformado se aplica a componentes arquitectónicos como herrajes, paneles de fachada y montantes de ventanas. Además, en la construcción de edificios, el conformado se emplea a una escala más grande, pero con menos capacidad de reproducibilidad, para componentes como paneles prefabricados, elementos estructurales, ornamentación arquitectónica, losas de hormigón fundido en su lugar, paredes e incluso edificios enteros. En consecuencia, el conformado se ha vuelto ubicuo en la industria de la construcción. Aunque la mayoría de las formas conformadas son relativamente estándar y se utilizan de manera convencional, a lo largo de la historia se han desarrollado una serie de proyectos y técnicas inspiradoras que se destacan. Entre los ejemplos se encuentran paneles prefabricados de fachada y bajorrelieves especialmente populares en la década de 1960, estructuras de cáscara delgada y edificios de hormigón fundido con formas únicas. La producción en masa tuvo una influencia significativa en las ideas arquitectónicas de mediados de siglo para crear superficies utilizando elementos formados. Según refiere Iwamoto (2009), diversos arquitectos de renombre durante las décadas de 1950 y 1960, como Hans Scharoun, entre otros, mostraron su interés por este tipo de patrones. Existen, asimismo, ejemplos muy variados, entre los más recientes, parte de la obra de Zaha Hadid y Patrick Schumacher, como es el caso del Galaxy Soho, en Beijing.

Las denominadas estrategias de proyecto o estrategias proyectuales, en términos generales, no aluden a definiciones tecnológicas *per se*, pero sí a caminos exploratorios metodológicamente explícitos, que moldean las formas físicas y digitales en aras de obtener una composición morfológica explícita y deliberadamente buscada.



*Fig. 33 - Estrategia de formado. Modelo desarrollado en FabLab.MVD.*

*Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 34 - Estrategia de formado. Beijing Galaxy Soho, de Zaha Hadid Architects.*

*Fuente: Foto del autor.*

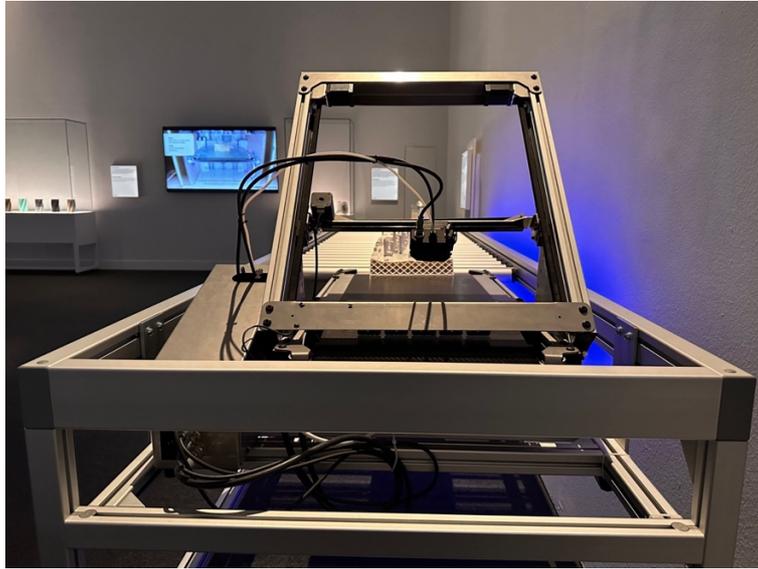
### 3.2.2. Tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial: fabricación aditiva, nubes de puntos, bio-experimentación y manipulación digital de la materia.

La llamada Cuarta Revolución Industrial se ha definido por su prolífica y acelerada integración de la tecnología de punta en distintos ámbitos de la sociedad, la cultura y los modos de producción y de creación de la humanidad. Es, en sí, un término comúnmente utilizado para describir una era de rápidos avances tecnológicos y transformaciones en múltiples ámbitos de la sociedad. Acuñado por el fundador del Foro Económico Mundial, Klaus Schwab (2017), hace referencia a una etapa de cambio profundo y acelerado impulsado por tecnologías digitales, de la información y la comunicación.

Si bien, como ya se ha mencionado en el capítulo precedente, la Revolución Industrial -la primera, claro- se caracterizó por el desarrollo de la mecanización a través de la introducción de la máquina de Newcomen y por la progresiva industrialización de la producción. Con posterioridad a eso, la llamada Segunda Revolución Industrial puso énfasis en el uso de la electricidad y la producción en masa, impulsando el desarrollo de industrias como el acero y el petróleo. Asimismo, la denominada Tercera Revolución Industrial, también conocida como la Revolución Digital, estuvo marcada por la automatización, la electrónica y la computación. Frente a estas grandes etapas del proceso conocido como Revolución Industrial, o Antropoceno, se erige la Cuarta Revolución Industrial, que se distingue por la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas, y refiere a una interconexión cada vez mayor entre el mundo físico y el mundo digital. Algunas de las tecnologías clave que impulsan esta revolución incluyen la inteligencia artificial, la Internet de las Cosas (IoT), la fabricación digital aditiva, la robótica avanzada, la biotecnología, la nanotecnología y la computación cuántica, entre otras, que plantean, asimismo, desafíos y oportunidades en términos de ética, privacidad, seguridad, empleo y equidad.

En este contexto, la fabricación digital aditiva, comúnmente conocida como impresión 3D, es una técnica de fabricación que construye objetos tridimensionales capa por capa, agregando material en lugar de eliminarlo, como se hace en los métodos tradicionales de fabricación. Esta tecnología permite crear estructuras complejas y detalladas de manera eficiente y precisa. El proceso de fabricación digital aditiva generalmente comienza con la creación de un modelo digital en 3D utilizando software

de diseño asistido por computadora (CAD). Este modelo es luego dividido en capas delgadas, y la impresora 3D construye el objeto capa por capa, siguiendo las instrucciones del modelo digital. Existen diferentes tecnologías de impresión 3D, cada una con sus propias ventajas y aplicaciones. Algunos de los métodos más comunes incluyen la impresión por deposición de material fundido (FDM), la estereolitografía (SLA), la sinterización selectiva por láser (SLS) y la impresión de chorro de tinta (inkjet). Estas técnicas permiten la producción rápida de prototipos, piezas personalizadas y complejas, y la fabricación de objetos que serían difíciles o imposibles de crear con métodos convencionales. Además, tienen el potencial de reducir el desperdicio de material y energía, lo que la hace más sostenible en comparación con ciertos métodos de fabricación tradicionales.

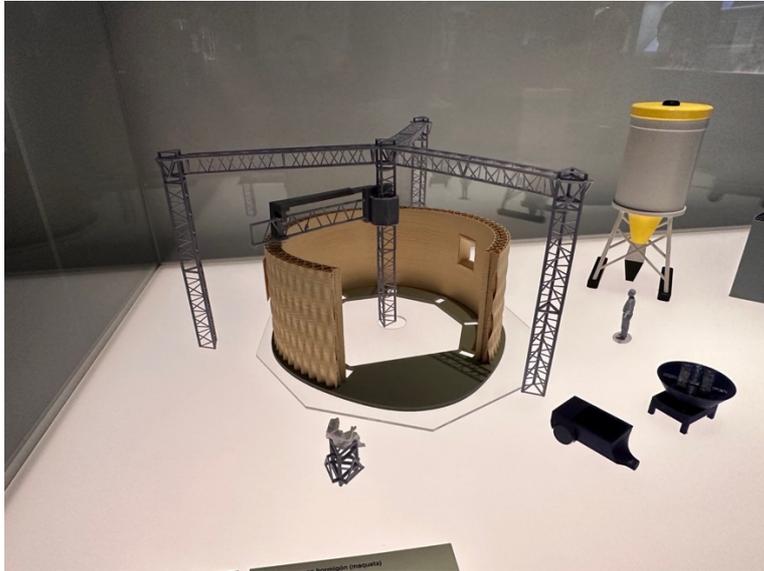


*Fig. 35 - Impresora 3D "sin fin". Exposición en Caixa Forum, Madrid, 2023.  
Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 36 - Impresión 3D.*

*Fuente: Foto del autor.*

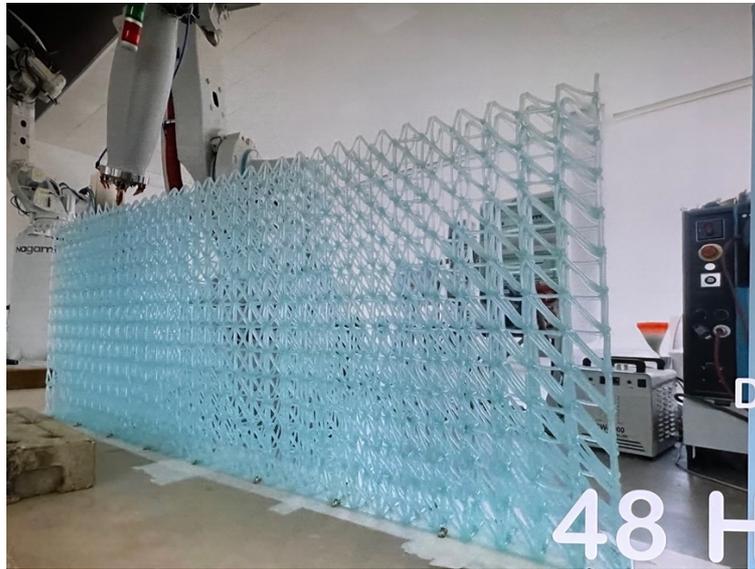


*Fig. 37 - Recreación del proceso de fabricación digital aditiva en hormigón, exposición en Caixa Forum. Madrid, 2023.  
Fuente: Foto del autor.*



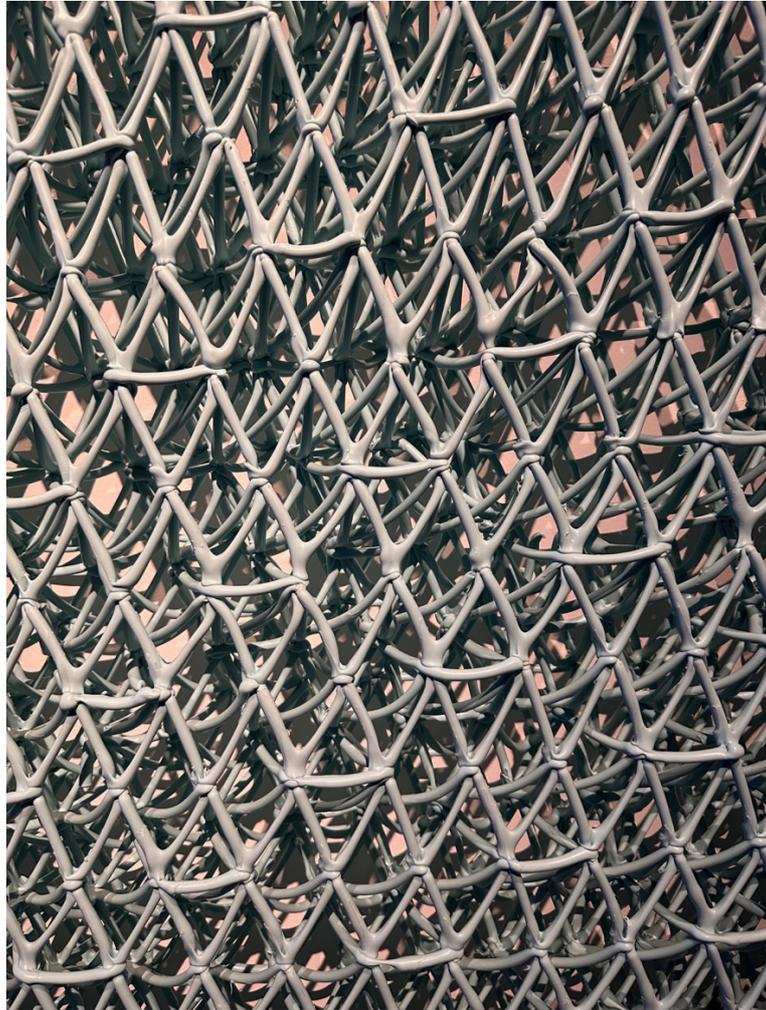
*Fig. 38 - Pieza realizada en fabricación digital aditiva en hormigón, exposición en Caixa Forum. Madrid, 2023.*

*Fuente: Foto del autor.*



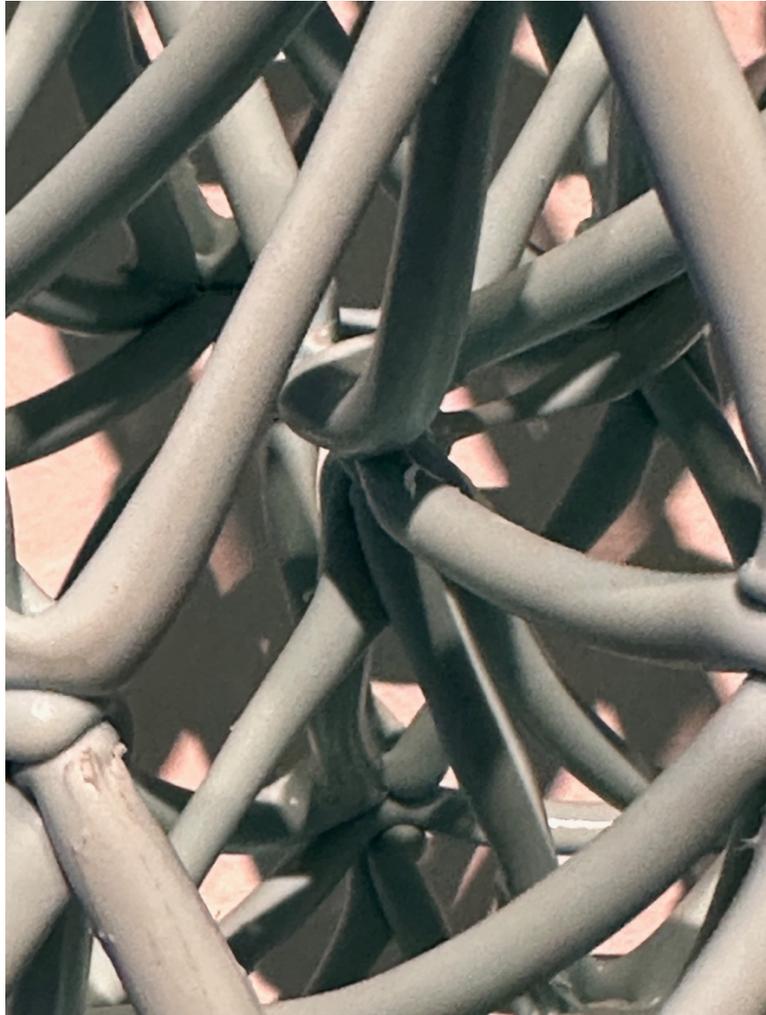
*Fig. 39 - Pieza realizada en fabricación digital aditiva en PLA, exposición en Caixa Forum. Madrid, 2023.*

*Fuente: Foto del autor.*



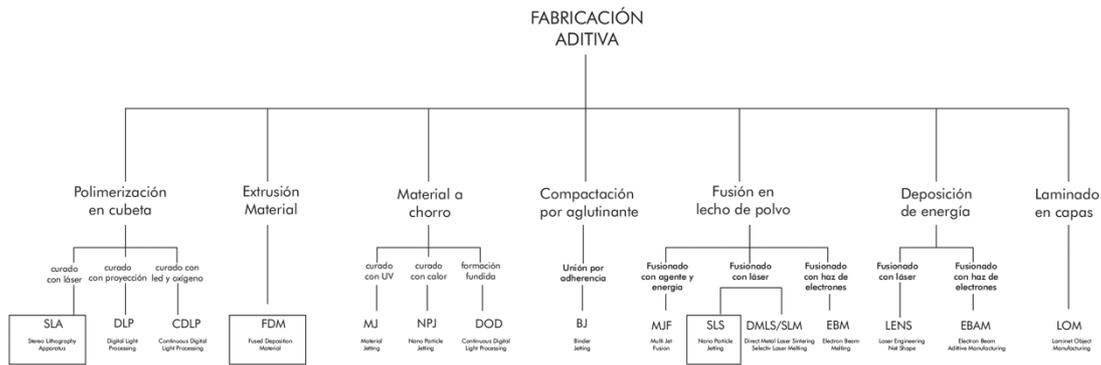
*Fig.40 - Detalle de fabricación digital aditiva en PLA, exposición en Caixa Forum. Madrid, 2023.*

*Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 41 - Detalle de fabricación digital aditiva en PLA, exposición en Caixa Forum. Madrid, 2023.*

*Fuente: Foto del autor.*



Cuadro XX. Clasificación de la fabricación digital aditiva. Fuente: Paulo Pereyra, en base a <https://www.3dhubs.com/guides/3d-printing/>

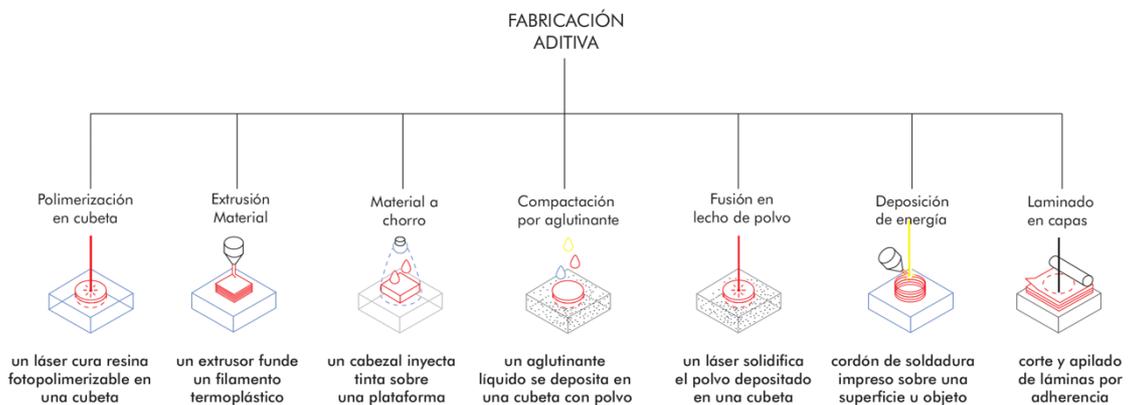


Fig. 42 - Conceptualización de la fabricación digital aditiva. Fuente: Paulo Pereyra, en base a <https://www.3dhubs.com/guides/3d-printing/>

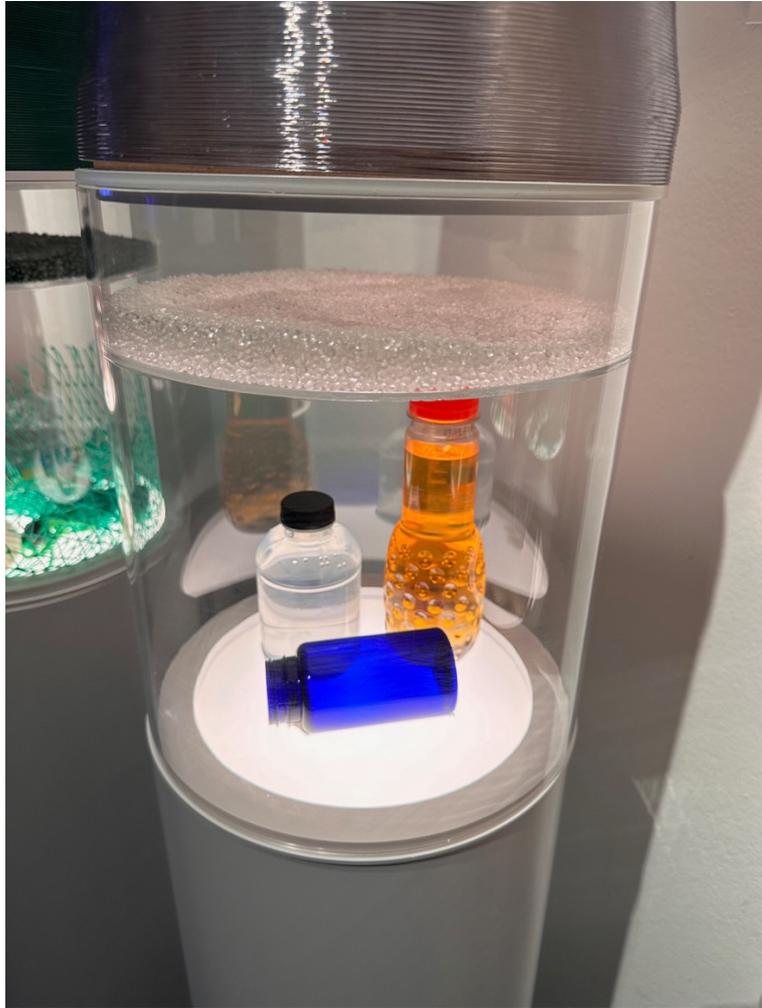
La fabricación digital aditiva, acaso más que la sustractiva, reproduce la idea introducida por Samuel Butler en su libro *Erewhon*, referida en el capítulo precedente, respecto a la auto reproductibilidad de las máquinas. La capacidad de crear nuevas máquinas a partir de una máquina original se establece como epítome de la evolución de lo biológico en lo maquínico, sobre todo en el entendido de que la fabricación digital aditiva puede realizarse con células orgánicas, filamentos vivos, y crear así estructuras ciberorgánicas. Kuptsova (2022) denomina a esto, *cyborganic objects*. Esto es, formas sintéticas de origen biológico y maquínico en forma simultánea.

Asimismo, la fabricación digital aditiva abre las puertas a un modo de economía circular, al menos en sus intenciones primigenias, puesto que, aunque no se trata aun de una aplicación tecnológica masiva, comienza a adoptarse y permite el reuso de materiales de descarte que de otro modo, terminarían siendo mera basura.



*Fig. 43 - Creación de filamento a partir de desechos en Caixa Forum. Madrid, 2023.*

*Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 44 - Creación de filamento a partir de desechos en  
Caixa Forum. Madrid, 2023.*

*Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 45 - Creación de filamento a partir de desechos en Caixa Forum. Madrid, 2023.*

*Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 46 - Creación de filamento a partir de desechos en  
Caixa Forum. Madrid, 2023.*

*Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 47 - Creación de filamento a partir de desechos en Caixa Forum. Madrid, 2023.*

*Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 48 - Creación de filamento a partir de desechos en Caixa Forum. Madrid, 2023.*

*Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 49 - Creación de filamento a partir de desechos en  
Caixa Forum. Madrid, 2023.  
Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 50 - Creación de filamento a partir de desechos en Caixa Forum. Madrid, 2023.*

*Fuente: Foto del autor.*

El camino de la impresión 3D resume el ciclo de la fabricación digital aditiva en su sentido de producción de átomos en función de bits. Su camino inverso, esto es, la producción de bits a partir de átomos, a partir de realidad física, se realiza por diversas técnicas, entre las cuales se encuentran la fotogrametría y el escaneo por luz estructurada. Las nubes de puntos se posicionan en este espectro como uno de los productos fundamentales de la Cuarta Revolución Industrial, por su habilidad para reconstruir mediante coordenadas geoespaciales las cualidades y propiedades de los objetos físicos y del propio entorno, y permitir operar con ellos: sustraer, agregar, modelar, etc. Una suerte de aplicación práctica y sumamente eficiente del sueño de Leibniz.



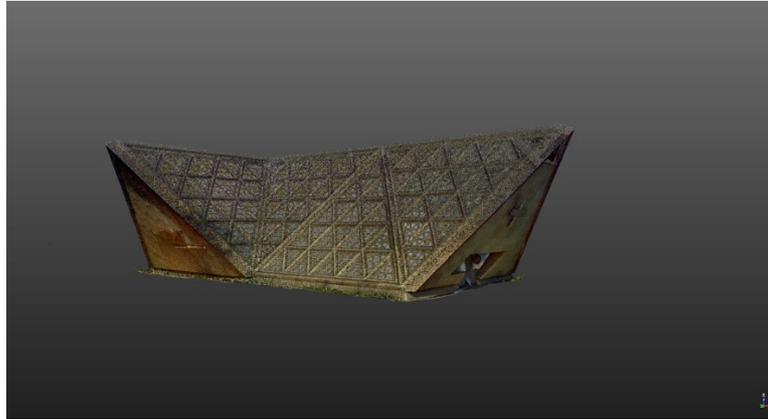
*Fig. 51 - Calera de las Huérfanas. Escaneo por LiDAR y generación de nube de puntos. Trabajo realizado por el Centro de Integración Digital (CID).*

*Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 52 - Calera de las Huérfanas. Escaneo fotogrametría aérea y generación de nube de puntos. Trabajo realizado por el Centro de Integración Digital (CID).*

*Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 53 - Capilla Susana Soca, de Antoni Bonet. Escaneo por LiDAR y fotogrametría aérea combinadas, para la generación de nube de puntos. Trabajo realizado por el Centro de Integración Digital (CID).*

*Fuente: Foto del autor.*



*Fig. 54 - Capilla Susana Soca, de Antoni Bonet. Escaneo por LiDAR y generación de nube de puntos. Trabajo realizado por el Centro de Integración Digital (CID).*

*Fuente: Foto del autor.*

### 3.2.3. Redes neurales y realidades alucinadas

En general, la definición más aceptada de inteligencia artificial es la que a menudo cita Neil Leach (2022), atribuida a Margaret Boden. Esto es, que la inteligencia artificial busca hacer lo mismo que las mentes humanas pueden hacer. No obstante, esta definición ha quedado por detrás de la realidad. Desde que *DeepBlue* derrotó a Kasparov al ajedrez, o *AlphaGo* hizo lo propio con Lee Sedol en el go, ya no existen expectativas de que la inteligencia humana pueda volver a vencer a una IA en el terreno de la inteligencia artificial de propósito específico, que es el estadio actual de la IA.

Correspondería, pues, ensayar algunas distinciones entre la inteligencia artificial y la inteligencia humana. A pesar de que la IA se basa sobre redes neurales, que emulan una estructura de neuronas humanas para determinar sus conexiones e interacciones, y de que la literatura y la cinematografía hayan abundado en referencias a la antropomorfización de las máquinas y la humanización de sus motivaciones, lo cierto es que la IA no posee realmente conciencia. Por el contrario, su habilidad se centra en la búsqueda de patrones, conexiones y otras formas de visualizar y entender datos que, de otro modo, serían inaccesibles para la inteligencia humana.

Una inteligencia artificial está compuesta por una red neuronal está a su vez está compuesta por "neuronas" y "sinapsis", los mismos términos utilizados para el cerebro humano, aunque solo a modo de analogía. Las llamadas "neuronas" de la IA no son las mismas que las neuronas humanas, al igual que el aprendizaje de la IA no es el mismo que el aprendizaje humano, y la inteligencia artificial no es la misma que la inteligencia humana.

Aunque la tendencia apunta a pensar la IA en forma de robots o máquinas antropomorfizadas con intenciones no necesariamente manifiestas, la realidad es que la IA es virtualmente invisible. Hablar de IA es hablar de software, muchas veces escondido en los dispositivos más recónditos. Esto genera una condición: la IA puede estar en cualquier aparato -o no estarlo-, con lo cual se construye una incógnita. La inteligencia artificial se vuelve, entonces, una caja negra indiscifrable que captura datos, aprende de esos datos, y predice escenarios, siempre bajo la hierática capa de una probable existencia.

El reconocimiento de imágenes por parte de las inteligencias artificiales, o *machine vision*, surge con auge y se instala en la práctica profesional del diseño. No obstante, de manera más reciente, ha emergido la “alucinación” de imágenes, bajo la forma de una red neuronal que opera en sentido opuesto. Esto es, interpretar un conjunto de datos asociados a un elemento para poder crearlo desde esos datos. Esto es lo que propuso Mordvintsev (2015), desde Google, y que fuera superado por Goodfellow al crear las redes generativas adversarias, o GANs. Estas se basan en dos redes neuronales que compiten entre sí. Una, el generador, produce imágenes, y la otra, el discriminador, juzga esas imágenes con respecto a un conjunto de datos de entrenamiento. Según Del Campo (2021), esto es lo que haría un falsificador de arte tratando de engañar a un crítico de arte para que piense que una obra de arte es genuina. El discriminador continúa rechazando las imágenes de salida hasta que su calidad finalmente coincide con las imágenes del conjunto de datos. Luego, una vez entrenado el modelo, se puede eliminar el discriminador y el generador seguirá produciendo imágenes convincentes.

Una de las formas más populares de GAN es la StyleGAN, que interpola variaciones diversas a partir de un *dataset* de miles de imágenes. Otras, como la CycleGAN, trabajan con dos *datasets* no emparejados y pueden extrapolar imágenes que parecen aún más variadas porque están efectivamente creadas a partir de dos *datasets* diferentes. Desde 2019 en adelante, se ha registrado una verdadera explosión en la producción de sistemas basados en redes neurales GANs, y en redes neurales CLIP (otro modo de generar imágenes utilizando Generative Pre-twisted Transformer 3 o GPT-3), que han cristalizado en la creación permanente de herramientas de alucinación de imágenes.

Los avances exponenciales en el poder computacional, la creación de mejores algoritmos con mayor competencia, sumados al *cloud computing* y la baja global de las tarifas de Internet, han producido una revolución nunca antes vista en la alucinación de imágenes, algo que, por supuesto, se traduce en el diseño, y en la formulación de realidades alucinadas como derivación directa de las redes neurales. Leach (2023) ha sido gran impulsor del uso de estas redes a través de herramientas comerciales, como *Dall-E*, *Dall-E2*, *Midjourney* o *StableDiffusion*. Aunque existe una gran cantidad de las mismas, estas se han posicionado como las principales a nivel de

diseño y de proyecto arquitectónico, precisamente al influjo de los grandes teóricos de la materia, como Matías Del Campo, Sandra Manning, Alexandra Carlson, o el propio Neil Leach, entre otros.



*Fig. 55 - Imagen producida durante el workshop “Inteligencia artificial aplicada al diseño”, orgnizado por el Centro de Integración Digital (CID), 2023, con StableDiffusion.*

*Fuente: Gabriela Barber.*



*Fig. 56 -. Imagen producida durante el workshop “Inteligencia artificial aplicada al diseño”, organizado por el Centro de Integración Digital (CID), 2023, con StableDiffusion.*

*Fuente: Damián Pacheco.*



*Fig. 57 - Imagen producida durante el workshop “Inteligencia artificial aplicada al diseño”, organizado por el Centro de Integración Digital (CID), 2023, con StableDiffusion.*

*Fuente: Gabriela Barber.*

### 3.3. Del *architectural computing* a la convergencia físico-digital

Han (2022) realiza un análisis por demás interesante, en el que plantea el origen de las cosas como el sustento del orden terreno, como elementos estabilizadores de la vida humana. No obstante, agrega que este orden está siendo sustituido por uno nuevo, inmaterial, intangible, pero no por eso menos real: el orden digital. Así, las cosas están dando paso a las no-cosas, informatizándolas, digitalizándolas. Flusser (2016) ya había apreciado que las no-cosas estaban desplazando a las cosas a intervalos decrecientes, en un proceso que se ha ido acelerando con el ritmo evolutivo de la tecnología de las últimas décadas. A estas no-cosas, las llama “cosas informacionales”. La humanidad de este siglo ya no habita la Tierra y el Cielo, sino que transita un *Google Earth* escalable, y aloja la información vital en un *cloud* perpetuo. Lo sólido y lo tangible no dejan de existir, por supuesto, pero comienzan a mixturar su realidad física con sus contrapartes digitales. Una convergencia entre las cosas y las no-cosas. El *hardware* es el soporte del *software*, pero ambos son un componentes de un sistema, que los necesita para existir como tal.

El mismo Han (2022), basándose en la teoría del *Dasein*, expresada por Heidegger en “Ser y tiempo”, refiere a las manos como la figura central de interacción con las cosas. Esto determina una esfera de cosas, que a partir del surgimiento de las no-cosas, abre el camino para el surgimiento de una *infosfera*, donde la interfaz no son ya las manos, sino los *infómatas*, entidades de manejo de información, que se insertan en la ontología humana, definiendo la figura del *infor* (Floridi, 2015). El *infor* es, pues, un subproducto la la convergencia entre las cosas y las no-cosas, y un soporte informacional, con capacidad evaluativa, propositiva, y decisiva. Las manos, junto a la vista, son los órganos de interacción por antonomasia, la interfaz entre lo físico y lo digital, entre las cosas y las no-cosas. Son, pues, órganos de aplicación háptica de la voluntad humana tanto en el mundo físico como en el mundo digital. La realidad virtual, aumentada, y mixta, se valen de estas interfaces para poder construir el marco de convergencia entre ambos mundos. Asimismo, el metaverso se propone como una hipótesis de inmersión total, de disgregación de la realidad física en un entorno digital de no-cosas revalorizadas, donde el propio ser muta en un avatar no necesariamente vinculado a la entidad humana que lo sostiene, pero sí dependiente de esta. La inteligencia artificial y aprendizaje automatizado orientan, al mismo tiempo, los vectores de aceleración hacia una convergencia físico-digital que resulta, al menos de

momento, pre-autoconsciente, tal como se verá en los apartados siguientes. Las manos, la vista, y los órganos del cuerpo humano vinculados como entidades controladoras de las no-cosas, pretenden celebrar, al menos en el momento actual, un estadio de libertad. Una elección consumista, propia de quien puede optar. En el futuro, tal vez, cuando la conciencia de la posibilidad de la utilización de los órganos de interfaz entre las cosas y las no-cosas concluya su proceso de desvanecimiento, la crítica acaso se torne estéril. Mientras tanto, es menester alimentar la reflexión y el pensamiento crítico, y analizar las implicancias tecnológicas de las ideas que subyacen detrás del modelo, y que, a su vez, anticipan la convergencia pre-autoconsciente entre dos mundos actualmente diferenciables, pero que tienden a una forma de superposición plena, con cada segundo que muere.

### 3.3.1. Realidad Virtual/Realidad Aumentada/Realidad mixta

Parece conveniente iniciar este apartado con una escueta precisión taxonómica: hablar de realidad física y realidad digital implica hablar de átomos y de bits. O, en otros términos, tratar acerca de la materialidad y la intangibilidad de las cosas, al tiempo que procurar delimitar conceptos e ideas que se asumen muchas veces de forma vaga o sin la lente de aproximación adecuada para comprenderlas.

A priori, no parece haber duda del carácter material del concepto de átomos, así como tampoco parecería estar en juego la inmaterialidad de la idea de los bits. No obstante ello, no son infrecuentes las confusiones terminológicas, cuando de nuevas tecnologías aplicadas se trata. Así, lo material y lo intangible, adoptan en muchos discursos la forma de lo *real* y lo *virtual*, como si esta –falsa- dicotomía tuviera algún atisbo clarificador. De hecho, lejos de ser un par antinómico, resultan dos conceptos complementarios. Ideas ya aplicadas desde las nuevas tecnologías, como la realidad virtual, vienen a reafirmar esta noción.

Si bien Deleuze (1988) aborda este tema desde una perspectiva filosófica amplia, es Pierre Levy (1999) quien hace un análisis conceptual más delimitado y concreto, proponiendo una clarificación mucho más meridiana de los términos. Según sostiene – y así se considerará en este trabajo como uno de sus puntos de partida- lo real y lo virtual no se oponen. Mucho menos se contradicen. Más allá del uso corriente del vocablo virtual para referir a lo carente de materia, a la inexistencia física, cabe referir

el origen histórico del término en el latín medieval: *virtualis*, a su vez derivada de *virtus*, es decir, potencia. Lo virtual es, pues, lo que existe en potencia, lo que existe aunque no se haya aun concretizado, pero aun así existe, aunque aun carezca de esencia material. Siguiendo esta línea expuesta por Levy, así como el árbol está virtualmente en la semilla, la realización está virtualmente en el proyecto, y la fabricación lo está en los bits que la sustentan. Así pues, lo virtual hace par con lo actual, siendo ambos apenas dos estados de realidad de una misma cosa. Lo que transforma lo virtual en actual es el influjo de una fuerza creadora, una intención marcada de dar cabida y sustancia a la manifestación primigenia. En estos términos, lo real engloba a lo virtual, y por añadidura también a lo actual. Corresponde entonces precisar que, en la lógica de átomos y bits, ambos pueden poseer cualidades de virtualidad, o de actualidad, sin que esto afecte a su condición de entidades reales. Cabe definir a los átomos como la unidad física, mínima e indivisible para el soporte material de la expresión de la esencia digital en una entidad cualquiera. Lo digital se manifiesta asimismo en su unidad mínima, que es el bit, y la correlación entre bits y átomos define el pasaje de un estado a otro de la realidad. O de una forma de realidad a otra, que podrá ser virtual o actual, pero siempre será real.

Paul Milgram, junto a Fumio Kishino, propusieron, en 1994 el *continuum* de virtualidad, según se expone en figura. Se trata de un esquema que pretende explicar, mediante un gradiente, las posibles formas de realidad entre la realidad física y la realidad virtual. De este modo, pretendían poner de manifiesto las diversas posibilidades, variaciones e iteraciones de los objetos del mundo físico y del mundo digital.

Pasando de un extremo a la izquierda en el cual se encuentra la realidad física cotidiana, hasta un extremo a la derecha en el cual se posiciona la realidad virtual inmersiva, el esquema contempla todos los estadios de la realidad mixta. Es decir, los puntos donde, en mayor o menor medida, ambos mundos entran en contacto.

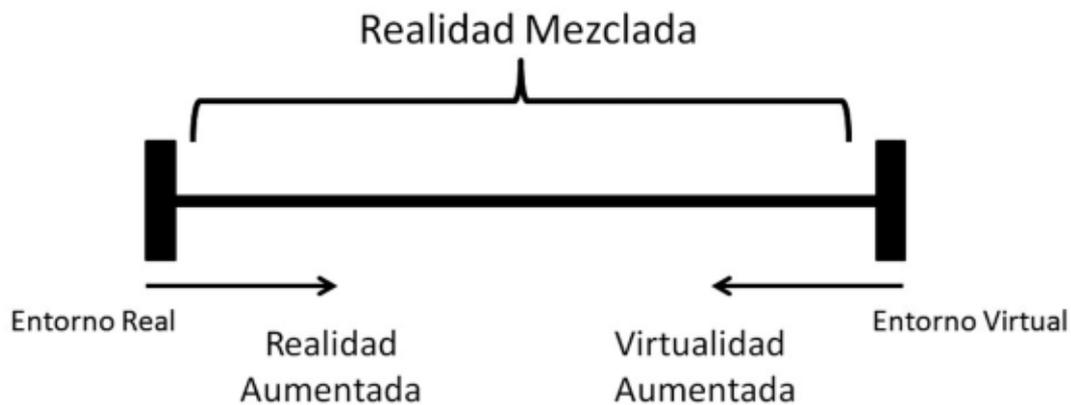


Fig. 58 - Diagrama de realidad mixta, de Paul Milgram. Fuente: El autor.

La llamada realidad aumentada, es, pues, el espacio en el cual el campo de información digital enriquece la realidad física, y la virtualidad aumentada es donde la realidad virtual, o el universo de lo digital, se enriquece mediante la incorporación de elementos del mundo físico. En otras palabras, el esquema fluye con la mediación de lo digital como medio. Mientras que de un lado está la realidad física, del otro se posiciona la realidad virtual-mente física, pero de naturaleza enteramente digital.

Si bien la teoría de estos conceptos es relativamente reciente -al menos en términos de la contemporaneidad- sus orígenes se remontan a la literatura fantástica en una primera instancia, y luego a la literatura y el cine *sci-fi*.

Ejemplo de esto es, en literatura fantástica, el relato "Las gafas de Pigmalión", de Stanley Weinbaum. Este relato sustenta algunas similitudes temáticas con lo que actualmente denominamos tecnologías de realidad virtual. Se trata de un relato de ciencia ficción, en donde el protagonista, un profesor llamado Albert Ludwig, hace gala de un invento que permite a sus usuarios disfrutar del acceso a un mundo simulado de olores, gustos y tactos, emulando una experiencia "real". En la descripción, Weinbaum describe un sistema de grabaciones holográficas acompañado de una serie de sensaciones inducidas. La habilidad atribuida a las gafas de Ludwig establece un ejemplo de cómo la realidad virtual puede permitir a las personas experimentar un mundo virtual en el que pueden apreciar, percibir e interactuar con objetos y escenas de manera similar a como lo harían en la vida física. La historia tiene similitudes temáticas con la realidad virtual actual, ya que ambas implican la creación de mundos

virtuales que pueden afectar la percepción de la realidad y el bienestar del usuario. A partir de este relato, muchos otros se sucedieron, incorporando una dimensión tecnológica a la aproximación gradual a realidades simuladas, que podían tener conexión -o no- con la realidad física conocida. Así, la literatura de ciencia ficción contribuyó de modo sistemático con el desarrollo tecnológico, y viceversa, ideando historias que desobturaron nuevas tecnologías y tecnologías que sirvieron como puntos de quiebre para abrir las mentes de los creadores de historias. En este sentido, sirve como ejemplo la creación de la idea de *ciberespacio*, elaborada por William Gibson en su novela *Neuromancer*, de 1984. Allí, mediante la ficción, sienta las bases conceptuales de lo que actualmente se denomina Internet.

El cine no fue extraño a este mismo fenómeno. Obras de culto como *Tron*, creada por Steven Lisberger en 1982, plantean la introducción del mundo físico en el digital a través de una mediación tecnológica, y buscan fundir las lógicas de ambos mundos. Algunos años antes, en 1973, la serie *Welt am Draht*, de Reiner Werner Fassbinder expuso la trama de una posible simulación computarizada de la sociedad actual y futura del mundo, con leyes físicas simuladas, y personajes con supuesta conciencia e interrelaciones basadas en la lógica y sentimientos humanos. La incorporación de la idea de realidad virtual se volvió corriente en la elaboración de *scripts* cinematográficos, abarcando diversos espectros. Algunos ejemplos icónicos pueden ser *The Lawnmower Man* (1993), basada en una historia original de Stephen King, *Total Recall* (1990), sobre la novela homónima de Philip K. Dick, o las series de *Robocop* (1986), de Paul Verhoeven, o *Terminator* (1984), de James Cameron. Se puede incorporar asimismo la serie *Star Trek*, en su versión original de 1979.<sup>9</sup> La importancia de estas series y películas, al margen de la innovación argumental sobre ideas que se volverían recurrentes en la cinematografía *sci-fi* posterior, radica en su capacidad de imaginar soluciones tecnológicas para dar soporte a la realidad virtual, la realidad aumentada, o sus distintos gradientes. Las gafas del oficial Murphy en *Robocop* son una capa de aumento informacional digital que se superpone a la información física, sumándose a una humanidad tecnológicamente aumentada, en una suerte de lectura transhumanista del futuro proyectado en los años ochenta. O los

---

<sup>9</sup> Sobre este punto en concreto, se puede profundizar en el texto: “Sueñan las ovejas con androides humanos? Una aproximación a los orígenes cinematográfico-literarios de la Realidad Aumentada”, de García Amen y Barber, publicado en *proceedings* del XV Congreso de SIGraDi, Santa Fe, 2011.

[https://itc.scix.net/paper/sigradi2011\\_126](https://itc.scix.net/paper/sigradi2011_126)

Fecha de consulta: enero 2023.

ojos del T-800, en *Terminator*, con una función similar. Asimismo, series icónicas como *Star Trek* proponen ideas como la *holocubierta* o el *tricoder*, instrumentos que tendrían desarrollos ulteriores con aplicaciones algo diferentes de las originalmente propuestas por la ciencia ficción, pero no por ello menos interesantes o menos útiles.

En la actualidad, el espectro de realidad mixta, en el cual, de acuerdo al diagrama de Milgram, se compendian todos los grados de virtualidad, establece soluciones tecnológicas adecuadas para diferentes fines, ya sea la función militar, la aeronáutica, la creación de cadenas de ensamblaje, entre otros. No obstante, en el área del diseño, este espectro parece destinado a promover la inmersión física dentro de los entornos digitales, y la capacitación sensorial de los actores involucrados dentro de esos entornos. Así, surge un paradigma en boga, que oscila entre lo que Zuckerberg en 2021 denominó *Metaverse*, y Tim Cook en 2023, definió por su parte, *spatial computation*, marcando dos perfiles diferentes del mismo fenómeno, que parecen apuntar a un mismo objetivo: la fusión de las realidades física y digital, en un entorno de convergencia, siguiendo las líneas establecidas por el esquema de Milgram, pero apuntando a una inmersión total.

### 3.3.2. El metaverso como hipótesis

En “La invención de Morel” -acaso la novela mejor lograda de Bioy Casares- la historia presenta un escenario distópico en el cual el protagonista, un ser sin identidad definida, arriba a una isla misteriosa en la cual busca esconderse para evadirse de la justicia. Durante su estadía, comienza a encontrar evidencia de la existencia de otros habitantes, a través del descubrimiento de ruinas, casas, una capilla, y otros testimonios materiales de la existencia humana. El protagonista fugitivo logra ver a otras personas, pero lo curioso estriba en que estas otras personas no parecen verlo ni conectar con él. No son capaces de notar su presencia. A medida que la trama avanza, el protagonista descubre que toda la acción desarrollada en la isla, las personas y sus actos, son generadas por una máquina inventada por un hombre cuyo nombre es Morel. La invención de Morel tiene la capacidad de capturar y reproducir la realidad, registrando no solo imágenes y sonidos, sino también las conciencias y emociones de las personas. Morel la ha usado para registrar un intervalo temporal de la vida en la isla, con la intención de revivir eternamente esos instantes. Sin embargo, la invención tiene un costo: aquellos que son registrados por la máquina pierden su

vida en el mundo real y existen solo en el registro perpetuo creado por el dispositivo ideado por Morel.

La novela de Bioy, incluso habiendo sido escrita en 1940, es decir, antes de la creación misma de la palabra “informática”, o de la invención de la primera computadora comercial, y varias décadas antes de la introducción de los conceptos de realidad virtual, realidad aumentada o realidad mixta, anticipa en buena medida la noción actual de *metaverse* o metaverso, a partir de una serie de elementos constitutivos iniciales. El metaverso en sí, es un término utilizado para describir un universo digital inmersivo, persistente y colectivo, que funciona en línea y que puede ser accedido por una variedad de dispositivos tecnológicos. Esencialmente, el metaverso es una combinación de múltiples realidades virtuales, aumentadas y espacios digitales interconectados. En él, los usuarios pueden interactuar con el entorno digital en el cual están inmersos, así como también con otros usuarios, elementos, dispositivo o entidades digitales, a través de avatares o representaciones digitales de sí mismos. Estas particularidades trazan una serie de ejes conceptuales que vinculan la novela con la noción moderna de metaverso, construyendo paralelismos y semejanzas.

La primera de ellas quizá sea la de construir realidades alternativas: la máquina de Morel en la novela crea una reproducción de la realidad que se repite eternamente. Este mundo reproducido es autónomo y persiste independientemente de la realidad original, un concepto que evoca la idea de mundos virtuales autónomos en el metaverso.

La segunda idea es la de la inmortalidad y la permanencia. En el libro, las personas registradas por la máquina viven eternamente en el registro creado. Del mismo modo, el metaverso ofrece una forma de "inmortalidad digital" donde las acciones, experiencias y creaciones pueden perdurar más allá de la vida física.

El tercer eje conceptual es el de la Interacción y percepción: el protagonista de la novela observa y se siente atraído por las proyecciones, pero no puede interactuar con ellas. Esta barrera entre realidades es una preocupación en las discusiones actuales sobre el metaverso, donde la naturaleza de la interacción y la percepción en mundos virtuales se ha tornado un tema central de discusión.

El cuarto eje refiere a los límites entre realidad y ficción: la máquina de Morel desafía la noción de lo que es real y lo que es una reproducción. De manera similar, el metaverso desafía las percepciones tradicionales de realidad al crear espacios que, aunque digitales, tienen un impacto real en las emociones, las relaciones y la economía.

El quinto paralelismo alude a la naturaleza inmersiva de la tecnología: la máquina de Morel atrapa completamente a sus sujetos en la realidad que crea. El metaverso, como se imagina hoy en día con la realidad virtual y aumentada, también busca crear experiencias inmersivas que envuelvan completamente al usuario.

Finalmente, es menester aludir a las ideas de identidad y autorrepresentación: aunque no se trata directamente en la novela, la idea del metaverso conlleva cuestiones sobre cómo las personas se representan a sí mismas y cómo se perciben en espacios virtuales. La interacción del protagonista con las proyecciones en la novela puede ser vista como una reflexión temprana sobre estas cuestiones. Continuando sobre este paralelismo entre la noción moderna de metaverso y las ideas plasmadas por Bioy<sup>10</sup>, sobreviene pues la inquietud acerca de la confluencia de ambas líneas narrativas: por un lado, la historia de ficción del autor argentino, y por otro, el concepto en construcción de una hipótesis tecnológica de alto impacto. Corresponde entonces preguntarse acerca de las posibilidades de convergencia entre el escenario físico y el digital, y la simulación de uno dentro del otro. ¿Es el metaverso una simulación de la vida física, un entorno de convergencia, o, como en el final de la novela de Bioy, una forma de sustitución lisa y llana de la realidad física?

### 3.3.3. IA, o una convergencia físico-digital pre autoconsciente

En relación con la interrogante abierta al final del apartado precedente, Bostrom (2003) plantea una interesante hipótesis, más provocadora que demostrable -y de hecho, tampoco presume de intenciones de demostrarla, hay que ser justos- pero que

---

<sup>10</sup> Sobre este tema, el autor publicó en el congreso de SIGraDi de 2011, el artículo titulado: “¿Sueñan las ovejas con androides? Una aproximación a los orígenes cinematográfico-literarios de la Realidad Aumentada”, donde se analiza la obra de Bioy en relación al *continuum* de Milgram.

sí lleva a pensar tres escenarios inquietantes. Es el caso del llamado trilema de Bostrom, que se plantea más o menos del siguiente modo:

- (a) “La proporción de civilizaciones humanas que alcanzan una etapa post-humana, es decir, una era en la que sea posible ejecutar simulaciones de alta fidelidad, es muy cercana a cero.”
- (b) “La proporción de civilizaciones post-humanas interesadas en simular su historia evolutiva o variaciones de la misma es muy cercana a cero”.
- (c) “La proporción de todas las personas con experiencias similares a las nuestras que viven en una simulación es muy cercana a uno”.

De acuerdo a este provocador planteo de Bostrom, si la proposición (a) es la verdadera, entonces es de esperar que la humanidad se extinga antes de alcanzar el estado de post-humanidad. Si la proposición (b) fuera la correcta, entonces deberá haber una muy fuerte convergencia en los cursos de las sociedades avanzadas, de modo que casi ninguna de ellas esté integrada o compuesta por individuos capaces y con voluntad de desarrollar proyectos simulatorios. Finalmente, si (c) fuese la correcta, entonces es prácticamente seguro que la vida actual es una simulación.

El poder del trilema, en tanto motor para el pensamiento de hipótesis no convencionales, proviene de su planteamiento lógico: si se acepta la posibilidad de que civilizaciones avanzadas podrían crear simulaciones -y además, desearan hacerlo- y que estas simulaciones serían prácticamente indistinguibles de la realidad para las personas inmersas en ella, entonces es menester aceptar que al menos una de las tres opciones del trilema puede ser verdadera. ¿Cuál de ellas? Bostrom no lo afirma; simplemente presenta el trilema como una forma de estructurar un pensamiento y una reflexión sobre el asunto. Por su carácter provocador, esta reflexión sirve para introducir la idea de convergencia dentro de una simulación, apuntando a la singularidad como paradigma.

Tal como se ha visto en el capítulo precedente, la conciencia no parece ser un atributo de las inteligencias artificiales, y tampoco parece estar por lograrse. No obstante, un escenario de inteligencia artificial "pre-autoconsciente" puede definir al estado actual de las cosas. Entendiendo este estado como el nivel de desarrollo de la inteligencia artificial en el cual la misma tiene habilidades avanzadas de procesamiento, de

análisis, e incluso de toma de decisiones, pero todavía sin conciencia de sí misma. Es decir, puede ejecutar tareas complejas, aprender de los datos, sacar conclusiones (*machine learning*), pero no tiene una comprensión o percepción introspectiva de su propia existencia.

Un mundo simulado, de acuerdo al planteo de Bostrom, requeriría pues, de un entorno de procesamiento capaz de dar soporte físico a nivel de *hardware* a esa simulación llevada a cabo a nivel de *software*. Lo inquietante aquí es que para manejar, a nivel de pensamiento, esta hipótesis, no se requiere de conciencia. Es decir, se está frente a un escenario pre-auto consciente, que no parece tan lejando del estado del arte actual. De hecho, pensar en esta hipótesis parece un punto de partida válido para entender el estado del arte de las tecnologías de inteligencia artificial, sobre todo reconociendo algunos de los elementos y características que definen esta idea. No obstante, parecería prudente en este punto delimitarla conceptualmente, diseccionando algunas de sus premisas, que podrían abordarse desde varias perspectivas.

Entre ellas, el desarrollo de habilidades sin conciencia. Esto es, que una inteligencia artificial pre autoconsciente puede llevar a cabo tareas que normalmente requerirían inteligencia humana, como el procesamiento de lenguaje natural, el reconocimiento de imágenes, la toma de decisiones basada en grandes conjuntos de datos, etc. Sin embargo, no "siente", no piensa sobre su propia existencia ni reflexiona sobre sus acciones. Asimismo, a partir de la capacidad de aprendizaje automático referida en apartados anteriores y de la implementación de redes neuronales, la inteligencia artificial puede mejorar sus habilidades y adaptarse a nuevos datos o situaciones, pero sin una comprensión consciente del proceso de aprendizaje. La interacción con el factor humano puede ser fluido, coherente, incluso "creíble", construyendo lenguaje y operando a través de él, pero siempre sin una intencionalidad capaz de trascender el valor operativo. La inteligencia artificial pre auto consciente no tiene emociones, deseos, miedos o aspiraciones. No siente dolor, alegría, tristeza o miedo a morir. Carece por completo de cualquier emoción humana. Su "motivación" para realizar tareas se deriva únicamente de su programación y de los objetivos que se le establecen. Este tipo de inteligencia artificial se encontraría en muchos sistemas y aplicaciones actuales: asistentes virtuales, sistemas de recomendación, vehículos autónomos, diagnósticos médicos basados en inteligencia artificial, entre otros.

Aunque una inteligencia artificial pre-autoconsciente no tiene conciencia o sentimientos, las decisiones que toma y las acciones que realiza sí pueden tener impactos éticos significativos. Y aquí resulta relevante destacar que, aunque una inteligencia artificial pueda ser muy avanzada y parecer "inteligente" en muchos aspectos, la falta de autoconciencia delimita su existencia a ser fundamentalmente una herramienta o sistema creado y dirigido por seres humanos. La idea de la autoconciencia en las máquinas es un tema de debate y especulación en la comunidad científica, y probablemente uno de los ejes centrales de su discusión filosófica actual y próxima.

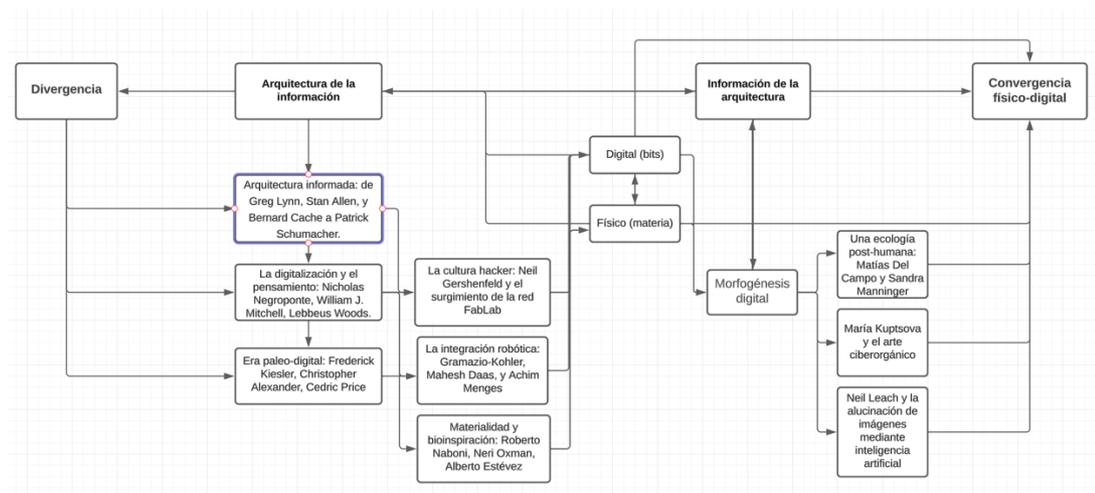
## 4. De la divergencia a la convergencia.

“—Hal, a pesar de tu gran intelecto, ¿nunca te sientes frustrado por depender de las acciones de los humanos?”

—En absoluto. Me gusta trabajar con los humanos.”

Diálogo con HAL 9000 - Fragmento de la película “2001. A Space Odyssey”.

Este capítulo analiza cómo la revolución digital ha transformado el diseño arquitectónico, destacando el paso de las herramientas de dibujo manuales al uso de tecnologías avanzadas como CAD y fabricación digital. Examina el impacto de estas tecnologías en la conceptualización, diseño y realización de proyectos, enfatizando en la capacidad de la computación para crear formas complejas y en la adopción de nuevas metodologías como la realidad aumentada y la impresión 3D. Este panorama sugiere una evolución hacia la integración más profunda del espacio digital y físico en la arquitectura.



#### **4.1. De la arquitectura de la información a la información de la arquitectura.**

La información, como conjunto de datos procesados para transmitir una idea, concepto o mensaje con el propósito de incrementar el conocimiento sobre una materia o tema, tiene un rol de preeminencia en la actual sociedad. Su valor intrínseco se ve incrementado por la nueva sistematización que surge en torno a ella, construyendo conceptos como la sociedad, la economía y las ciencias informacionales.

La información es asimismo una vía del poder, en todos los sentidos del término. No son casos aislados al día de hoy las pujas entre empresas y gobiernos, por la obtención de información, de datos relevantes procesados o por procesar, como materia prima para la generación de tendencias de mercado, manipulación ideológica o estudios sociodemográficos, entre otros fines.

El valor de los datos se ha incrementado en forma conjunta a la capacidad de procesarlos. Se ha llegado a proponer incluso la idea de que el universo entero consiste en un flujo informacional constante, y que el valor de cualquier fenómeno o entidad está determinado únicamente por su contribución al procesamiento de datos (Harari, 2016). Esta “religión de los datos”, conocida como dataísmo, se postula como una posible primera religión digital. Para este enfoque emergente de corte post-humanista, no hay una frontera definida entre un procesador y un cerebro humano, pero sí un lenguaje común, que es el intercambio algorítmico.

Tanto Harari (2016) como Sadin (2013) coinciden en establecer que el dataísmo en cierto modo subvierte la pirámide tradicional del conocimiento. Hasta este momento, los datos se veían como el primer eslabón de una cadena de actividad intelectual. De los datos se obtenía la información, esta se destilaba para lograr el conocimiento, y de este último devenía la sabiduría. No obstante, estos y otros autores actuales consideran que la humanidad ya no es capaz de hacer frente al inmenso volumen de datos entre los que navega a diario. Clasificarlos, ordenarlos, y procesarlos sin una capacidad de cómputo equivale al castigo de Sísifo, puesto que los datos se multiplican exponencialmente a cada intervalo de segundo.

¿Cómo asimilar los mega volúmenes de información, de modo de que esta pueda resultar útil para la humanidad? La única respuesta es la capacidad de cómputo. Dada la asimilación

algorítmica de la informática con las ciencias biológicas, queda construida además la necesaria pasarela de unificación entre la vida inteligente como se ha concebido tradicionalmente y la inteligencia artificial. Quizá pueda sonar algo chocante sostenerlo, pero la interpretación algorítmica de la vida es una visión científica que gana adeptos, y no solamente entre los dataístas. Hoy día, personas y comunidades son estudiadas como sistemas de procesamiento de datos. Lo mismo una colmena, una colonia de bacterias, un sistema de bosques, o una ciudad entera (Hidalgo, 2015). Esta visión holística como grandes sistemas de procesamiento de datos interrelacionados, que sería inviable sin la capacidad incremental de cómputo, abona la idea de la duplicación digital del mundo. Desde la época de las primeras escrituras, los papiros o las piedras cinceladas, hasta la invención de la imprenta tipográfica como primer medio técnico de reproducción y almacenamiento masivo en monasterios y bibliotecas, la información ha necesitado de soportes físicos. Es recién en 1948 que Shannon elabora las bases de la teoría de la información, y la aplicación del álgebra de Boole será el fundamento matemático para industrializar su procesamiento. Este punto de quiebre histórico redefine la relación de la información con la materia, o de la información con el soporte físico que le da su existencia.

Información, forma y procesamiento: es la tríada que sustenta toda actividad humana en los albores de la cuarta revolución industrial. Sobre esta misma tríada descansan asimismo los cimientos de la producción de realidad física a través de realidad lógica o intangible expresada en bits. Esto, que es en sí buena parte de la base de la convergencia físico-digital, tiene orígenes en la técnica, en la experimentación, y en la filosofía. Pero corresponde asimismo rastrear sus orígenes en la generación de proyectos en los trabajos e ideas exploratorias de algunos arquitectos precursores que, con su labor, contribuyeron a edificar y solventar el paradigma actual, sin haber tenido aun un justo reconocimiento por ello.

Se definirán pues, tres etapas. Una primera era paleo-digital, en la cual se hará alusión a la obra de Frederick Kiesler, y Christopher Alexander y Cedric Price; una segunda era que se denominará digital, y analizará la obra de Lebbeus Woods, William J. Mitchell, y Nicholas Negroponte; y una tercera etapa que hará énfasis en los antecedentes proyectuales en la obra de Greg Lynn, Stan Allen, Bernard Cache y Patrik Schumacher.

Aunque ciertamente los autores referidos no fueron los únicos precursores ni los únicos pioneros de la incorporación de lo digital como parte del pensamiento proyectual, su trabajo

merece destaque por su carácter innovador, por su búsqueda y su exploración metodológica y técnica. Asimismo, todos ellos han demostrado una comprensión temprana de la importancia del poder computacional en la praxis del diseño, particularmente en el campo de la arquitectura. A través de un análisis de las ideas y propuestas en estas tres etapas, se ilustrarán algunos de los caminos proyectuales que dan origen al paradigma del pensamiento computacional y especialmente a la convergencia físico-digital en el campo de la arquitectura.

#### 4.1.1. La era paleo-digital: Frederick Kiesler, Christopher Alexander, Cedric Price.

Frederick Kiesler, probablemente el menos actualmente abordado por la Academia de los tres casos de estudio, acaso por su rareza teórica y su falta de obra construida, puede considerarse como un gran visionario. O también vale decir, un utopista de la arquitectura, justamente por ser un adelantado a su propio tiempo. Nacido en la actual Ucrania –a la sazón parte del Imperio austrohúngaro- a fines del siglo XIX, se formó en Viena, y tuvo algunas colaboraciones parciales con Loos antes de sumarse al movimiento De Stijl, y entrar en contacto con las vanguardias artísticas del siglo XX y varios de sus principales promotores, que en las décadas siguientes moldearían su concepción del arte y la arquitectura.

La obra teórica de Kiesler debió, como otras, luchar contra la etiqueta de “arte degenerado” impuesta por el nazismo. Así, como muchos colegas se vio obligado a emigrar a los Estados Unidos, donde desarrolló el núcleo central de su pensamiento. En el mismo, la arquitectura es vista como una continuidad, como algo sin principio y sin final. La forma, para Kiesler, no sigue a la función sino que sigue a la visión; y la visión sigue a la realidad. Bajo esta premisa, propuso proyectos biomórficos, como estructuras capaces de moverse, de crecer y de desarrollarse, tal como lo haría un cuerpo vivo. Estos cambios acompañarían el devenir, y la necesaria transformación de las cosas a lo largo del tiempo. Esta es la “elasticidad” de su arquitectura: una concepción que va más allá de lo organicista para asemejarse a una estructura viviente (y sintiente), simbiótica con sus usuarios.

Desde su vinculación con las vanguardias en general, con el mundo del teatro *under*, y con las exposiciones de arte dadaísta, Kiesler propone la idea de *instalación*, como aplicación puntual y concreta de sus ideas, buscando una integración de las artes. Para ello, idea y fabrica una serie de artilugios y artefactos mecánicos que sirven como soporte ingenieril a

sus ideas de diseño. Kiesler es pionero en la utilización de autómatas, o entidades mecánicas con una finalidad expresa poseedores de una curiosa autonomía. Phillips (2017) asocia estas creaciones a la primera era de la cultura robótica.

Muchas de las ideas de Kiesler, dado el estado de la técnica en que vivió, eran absolutamente impracticables. Aun así, proyectos nunca construidos como la *Endless House* de 1924 suponen un inmenso desafío intelectual a la muchas ideas de su época, planteando desde una experiencia proyectual sus ideas filosóficas sobre el camino que debía tomar la arquitectura desde sus conceptos de correalidad, conectividad y biotécnica.

Estas ideas acompañarían a Kiesler hasta el final. Vagamente, se lo clasificó en varias oportunidades y sin mucho análisis, como un “arquitecto surrealista”. Se le restó valor, y se lo colocó entre los artistas desprovistos de cualquier sentido de realidad.

Como arquitecto, prefirió seguir sus principios filosóficos que sumarse al estilo internacional, aun al precio de no contar con los metros cuadrados construidos de sus contemporáneos, o con el prestigio social de los teóricos del momento.

No obstante, el valor de la obra de Kiesler debe ser redescubierto. Su influencia es visible en la obra de Archigram, Greg Lynn, y UNStudio, entre otros. La idea de una espacialidad elástica, adaptable, biomórfica, repetible e incluso viva, es el sustento de la espacialidad digital construida para ser visualizada mediante realidad virtual, realidad aumentada o realidad mezclada. Desde ellas, la construcción de espacios se libera de las limitantes de la física para permitir acaso la fluidez buscada por Kiesler. En tal sentido, la obra de Kiesler es precursora de ideas posteriores que alcanzarían su apogeo con el surgimiento de la computación espacial o la idea del metaverso.

Su *grotto for meditation* es, asimismo, el antecedente principal de los pabellones y arquitecturas efímeras construidas mediante fabricación digital como proyectos de arquitectura experimental en la actualidad en escuelas y universidades, tal como se verá al analizar la obra de Menges en el apartado siguiente. Además, sus instalaciones artísticas son el prefacio perfecto de las espacialidades digitales que se crearían décadas más tarde.

Kiesler vivió y desarrolló sus ideas incluso antes de la existencia de los conceptos mismos de poder de cómputo, pensamiento computacional o desarrollo digital. Para este campo fértil

debió haber nacido al menos ochenta años más tarde. Aun así, es posible rastrear su influencia en desarrollos posteriores, algunos de ellos bastante recientes, como las propuestas de Gramazio y Kohler para la utilización de agentes autómatas voladores (drones) en la creación de espacios, o la definición tecnológica de fachadas responsivas y gramáticas formales de corte parametricista. En tal sentido y bajo esta luz, la obra de Kiesler debe ser redescubierta y resemantizada, pues ha engendrado sendos proyectos posteriores.

El segundo caso de estudio es el de Christopher Alexander. Habiendo vivido hasta marzo de 2022, Alexander fue uno de los primeros pioneros en la búsqueda de la intersección entre lo digital y lo arquitectural, con una clara vocación innovadora. Reconocido no solo entre arquitectos sino también entre muchos ingenieros, Alexander es uno de los precursores de la idea de “arquitectura de sistemas”. En ocasión de la conferencia *Object-Oriented Programs, Systems, Languages, and Applications* (OOPSLA) de 1996, en San José, California, donde Alexander fue expositor invitado, declaró: “*It is the programs that control the shape of manufacturing, the shape of transportation industries, construction management, diagnosis in medicine, printing and publishing. I almost cannot name a facet of the world which is not already [...] under the influence of the programs that are being written to manage control those entities or those operations*”<sup>1</sup> (Alexander, 1999).

---

<sup>1</sup> “Son los programas los que controlan la forma de la manufactura, la forma de las industrias del transporte, la gestión de la construcción, el diagnóstico en medicina, la impresión y publicación. Casi no puedo nombrar una faceta del mundo que no esté ya [...] bajo la influencia de los programas que se están escribiendo para gestionar y controlar esas entidades o esas operaciones.” Traducción del autor.



*Fig. 59 – Endless House.*

*Fuente: <https://cutt.ly/Ew3uyemu>*

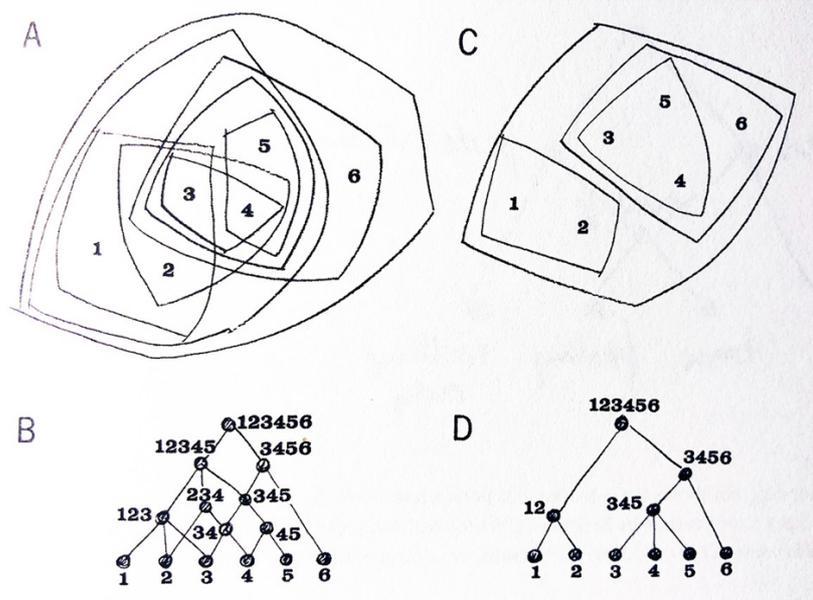


Fig. 60 – Esquemas de jerarquización de Alexander.

Fuente: Libro "Architectural intelligence", de Molly Wright Steenson

La aproximación de Alexander a la arquitectura es trascendente también para los no arquitectos. Es decir, para profesionales de otras áreas que eran transversales o tangentes a la arquitectura en los años '50 y '60, cuando el acceso a la información era limitado y las estrategias de visualización e interpretación de la misma estaban aun en sus primeros pasos.

En los tiempos en que, por lo general, las teorías arquitectónicas hacían foco en la representación del proyecto en formatos gráficos o mediante modelos espaciales, Alexander desarrolló una visión estructural, donde sometía a análisis relacionales las partes de un proyecto, asumiéndolo como problema integral, cuyas variables podían ser mapeadas, analizadas y abordadas de un modo sistémico. Conceptualmente, la teoría de Alexander consistía en crear *un sistema operativo para la arquitectura*.

Dentro de este sistema, se interesó por las relaciones de las partes con el todo, en diferentes formas que trascendieron la expresión de geométrales o perspectivas, abarcando teoría de grafos, técnicas de cómputo, heurística, visualización social en red y análisis funcionales gráficos. Su concepción indicaba que la arquitectura era algo que debía ser testeado, abordado con un propósito de comprobación para lograr un diseño objetivamente correcto.

Es acaso esta concepción de “moralidad”, si cabe el término, la que le ha jugado en contra también en la historia reciente de la teoría de la arquitectura, donde su pensamiento no ha sido suficientemente abordado. Los arquitectos en general no conciben la arquitectura como algo a ser testeado. Sin embargo, programadores, ingenieros y desarrolladores digitales en general sí han encontrado en los métodos de Alexander un camino de análisis fundamental para su labor. Alexander fue un precursor: *“the computer is a tool. It is a wonderful, miraculous invention. The more we understand about the complex nature of form and the complex nature of function, the more we shall have to seek the help of the computer, when we set out to create form”*<sup>2</sup> (Alexander, 1964). Como todo innovador dentro de una de las disciplinas más autorreferenciales como lo es la arquitectura en el área de proyecto, no cosechó en su momento demasiada simpatía de sus colegas.

---

<sup>2</sup> “La computadora es una herramienta. Es un invento maravilloso y milagroso. Cuanto más comprendemos acerca de la compleja naturaleza de la forma y la compleja naturaleza de la función, más tendremos que buscar la ayuda de la computadora cuando nos proponemos crear forma.” Traducción del autor.

El pensamiento de Alexander tuvo un devenir evolutivo, mutando conceptualmente varias veces. En el inicio de la década de los sesenta visualizaba todos los problemas de diseño como una estructura jerarquizada, con dos puntos de conexión entre cada requerimiento del proyecto. ¿La razón? Era lo que la potencia de cálculo de ese entonces le permitía lograr. Aun así, logró arquitecturas de datos de altísima complejidad. Es hacia fines de la década del sesenta cuando finalmente asume los problemas de diseño como parte de una red compleja, con muchos más nodos y condiciones, saliendo del diagrama en árbol para adoptar el *semilattice* y con él, el lenguaje de patrones.

*A pattern language*, probablemente la obra más reconocida de Alexander junto a Ishikawa y Silverstein, fue publicada en 1977. En ella se describe un formato de red que organiza partes, vacíos y llenos, y establece relaciones entre los elementos del objeto de diseño. Dentro del “lenguaje de patrones” están implícitos los medios para compartirlo y las reglas generativas que le dieron origen que son asimismo útiles para la creación de nuevos patrones.

Los patrones de Alexander pues, buscaron ser intuitivos e interpretativos. En pocas palabras, aptos para su uso, re uso y su modificación por terceros, de acuerdo a la necesidad de diseño. Después de todo, tal como Steenson (2017) hace notar, la obra se llama *A pattern language*, y no *The pattern language*. Parece haber en la intención de Alexander una voluntad de invitar a reflexionar, no de dictar un manifiesto.

Las redes que definen los patrones pueden ser centralizadas, descentralizadas o distribuidas. Y en esta condición, cabe agregar un elemento por demás importante en la concepción de Alexander: la generatividad. Esto es, un sistema que opera tanto como una regla formal. “*Each part is a rule which describes what you have to do to generate the entity which it defines*”<sup>3</sup> (Alexander, 1979).

El lenguaje de patrones posee tres características esenciales. La primera, poseer una lógica interna que determina su esencia; la segunda, los patrones producen efectos mayores que la suma de sus partes; y la tercera, los patrones poseen intrínsecamente las reglas y mecanismos para su propia propagación. En suma, el lenguaje de patrones provee de una sintaxis, donde los patrones, combinados por el usuario, generan una semántica del

---

<sup>3</sup> “Cada parte es una regla que describe lo que tienes que hacer para generar la entidad que define.” Traducción del autor.

lenguaje. Así como el código genético puede producir un ser humano, el sistema generativo puede producir formas. Y dentro de ellas, formas arquitectónicas.

La influencia de las ideas de Alexander estriba en su preclara disposición para la ejecución de sistemas generativos variables, que sirviéndose de la capacidad de cómputo de la que le tocó disponer en su época como profesional activo, consumaron algoritmos avanzados de gramática formal. De ellos, es tributaria buena parte del diseño paramétrico por medios informáticos, el llamado parametricismo, las mecanizaciones de corte, y muchas de las estrategias de diseño que hoy se aplican como técnicas de producción de realidad física a partir de bits. Esto es, todas las técnicas de fabricación digital.

Más allá de la influencia notoria que Alexander ha tenido sobre el terreno de la producción de software y la arquitectura de sistemas, esta tesis procura reivindicarlo además como alguien que ha realizado contribuciones de alto valor en las dinámicas del diseño digital de la actualidad.

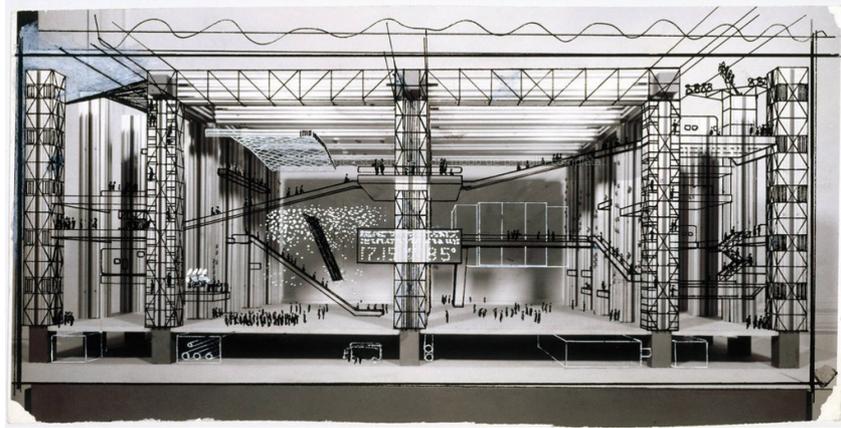
El tercer caso de estudio de este apartado es el de Cedric Price, precursor de lo que en este trabajo se denominará “arquitectura responsiva”.

Famosa es la frase de Price donde dice que la tecnología es la respuesta, y acto seguido se interroga sobre cuál era la pregunta<sup>4</sup>. El entusiasmo tecnológico de Price, al margen de no ser un arquitecto con vasta obra, lo posiciona como un punto focal y una inspiración para otros colegas como Piano y Rogers, que sí lograron cristalizar una amplia producción construida.

Discípulo de Buckminster Fuller, Price se anticipó en cierto modo al actual London Eye, proponiendo ya en la década de los ochenta la construcción de una noria gigantesca sobre el Támesis, y al Millennium Dome, obra de Richard Rogers .

---

<sup>4</sup> “*Technology is the answer, but what was the question?*” es un audiovisual de 1979 tomado de una de las conferencias de Price en Londres. Puede visualizarse en el link: <https://www.pidgeondigital.com/talks/technology-is-the-answer-but-what-was-the-question-/play/>  
Fecha de consulta: agosto de 2023.



*Fig. 61 – Proyecto del Fun Palace.  
Fuente: Interactive Architecture Lab*

Iconoclasta por antonomasia, Price solía agitar a su audiencia con frases que no por por provocadoras dejaban de ser proféticas: “*It’s worth mentioning that with the advent of the microprocessor and the silicon chip more and more people are going to be in the situation where they themselves, have to decide what to do. Society, economic circumstances, will make no demands on their time, but they’ll live just as long, unless they kill themselves through boredom*”<sup>5</sup> .

La mayoría de los proyectos de Price nunca se construyeron. Era sobre todo un arquitecto teórico. Aun así, sus ideas se entroncaron con el paradigma computacional y tecnológico del momento. Quizá tres de esos proyectos nunca construidos son los que merecen mayor destaque, por sus cualidades intrínsecas y su naturaleza responsiva, ligada directamente al paradigma tecnológico-computacional. Son los casos del *Fun Palace* (1963-1967), la *Oxford Corner House* (1965-1966), y *The Generator* (1976-1979).

En el primero de ellos, trabajó en colaboración con el director de teatro Joan Littlewood, realizando un proyecto de instalaciones cibernéticas a escala arquitectural, generando un edificio capaz de responder y adaptarse a los usuarios. La noción de “responsividad”, que se consumaría bastante más adelante, tiene en este proyecto el primer antecedente reconocible en el mundo de la arquitectura. Para este proyecto, Price invita a participar a Gordon Pask, quien contribuye a la creación de este “teatro cibernético”, incluyendo sistemas de control capaces de dar participación interactiva a la audiencia con el edificio. Llegaron a proponer incluso una consola de información que podría atender preguntas de los asistentes y dar respuestas predefinidas. Entrar en el Fun Palace, si hubiese existido, hubiera sido como entrar en una red de información participativa.

El segundo proyecto referido, la Oxford Corner House es un proyecto de pisos móviles, con un entorno informacional logrado a través de pantallas localizadas en diversos puntos, con el propósito de mostrar contenidos de interés cultural cambiantes. El proyecto tenía la capacidad de albergar setecientas personas, una especie de red humana interactiva conectada con diferentes puntos del edificio, y las tecnologías más sofisticadas de la época:

---

<sup>5</sup> “Vale la pena mencionar que, con la llegada del microprocesador y el chip de silicio, cada vez más personas estarán en la situación de tener que decidir por sí mismas qué hacer. La sociedad y las circunstancias económicas no exigirán su tiempo, pero vivirán igual de largo, a menos que decidan matarse a sí mismos por el aburrimiento”. Traducción del autor. “*Cedric Price: the most influential architect you’ve never heard of*”. Artículo en The Independent, UK. Puede visualizarse en el link: <https://www.independent.co.uk/arts-entertainment/architecture/cedric-price-the-most-influential-architect-youve-never-heard-of-9852200.html> - Fecha de consulta: abril 2024.

pantallas de rayos catódicos, circuitos cerrados e impresoras de matriz de puntos. Los pisos, a su vez, serían móviles, para la elaboración de diferentes espacios de acuerdo a la necesidad de cada momento, y serían controlados por un entonces poderoso equipo IBM 360 localizado en el basamento del edificio. También en ese espacio, se localizarían simuladores de manejo con propósitos formativos, y en la última planta, un planetario.

Muchas de estas ideas resultaron utópicas en las posibilidades técnicas de concretarse en la época en que se propusieron. Algunas de ellas se formalizaron años después en la industria en diversos campos. Los propios sistemas conversacionales de voz como Siri o Cortana, instalados en el iPhone o en los *smartphones* actuales, son tributarios del concepto de *conversational machine* de Price, presentado en este proyecto.

La alta tecnología finalmente adoptó varias de sus ideas vanguardistas con cierta celeridad. Para la arquitectura faltaría un tiempo más aun.

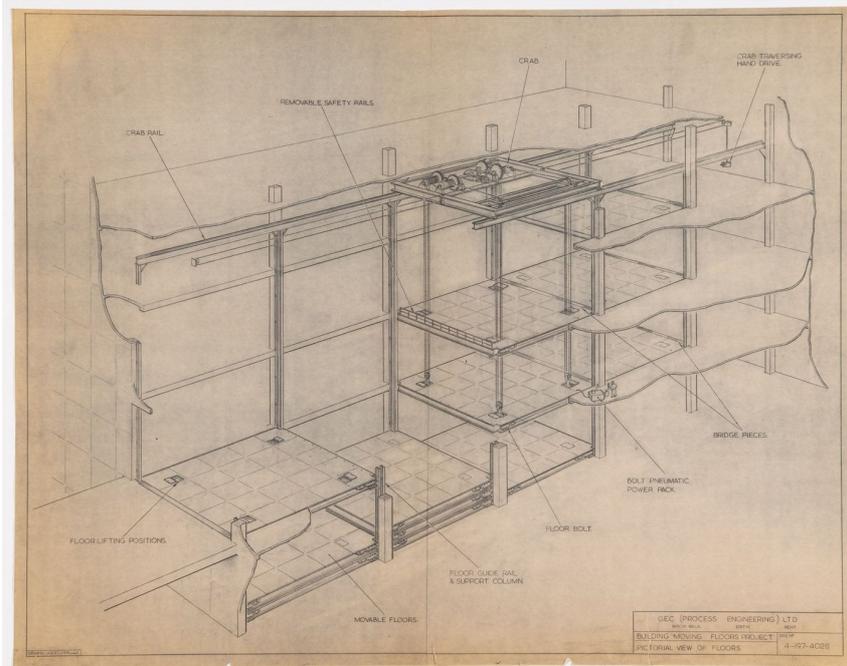
El tercer ejemplo a comentar es The Generator, un proyecto de fines de la década de los setenta. En este proyecto, Price propone un diseño de doce cubos móviles, combinables, movibles a través de grúas y estructuras auxiliares, de acuerdo a a voluntad de los usuarios. La movilidad estaba regida por procesadores y microcontroladores vinculados entre sí, con la capacidad, asimismo, de poder reconfigurar a su propia decisión la estructura general si los usuarios no tomaban decisiones de cambio en un período prolongado, como modo de evitar el tedio de mantener la misma configuración.

Cualquiera de estos ejemplos estaba décadas adelantado a su tiempo. Quizá también por eso mismo también su materialización fue compleja o directamente inviable. De todos modos, el objetivo de Price parece haber sido sobre todo una invitación a pensar el futuro. Aun sin haber contado con la prensa que tuvieron -con justicia- sus contemporáneos de Archigram, o con la validación y consolidación dada por el *establishment* de los historiadores, Price fue un innovador y un pensador fuera de su tiempo. El haber trabajado con Fuller sin duda debe haber contribuido a moldear estas cualidades.

Los conceptos de interactividad y de responsividad en el proyecto de arquitectura, tanto como su integración con lo tecnológico y su corte cibernético, marcaron la obra de Price. El primero de esos conceptos fue llevado a la práctica a fines de los ochenta y principios de los noventa, con ejemplos de costos elevadísimos como alguna obra de Jean Nouvel, o Renzo

Piano. El segundo concepto, es mucho más actual en su desarrollo constructivo. Las pieles responsivas inteligentes comenzaron a lograrse mucho más recientemente. Primero de manera experimental en laboratorios de fabricación digital y luego en propuestas concretas de estudios de arquitectura.

Si bien hay mucho para investigar aun en este tema, la idea de “piel responsiva” como modo de construir un edificio responsivo sensible a estímulos variados, variables y mensurables por medios digitales, comienza a tomar forma en varios proyectos de la actualidad. Fox (2016) realizó una muy interesante recopilación de trabajos titulada *Interactive architecture, adaptive world*, donde se muestran las últimas ideas y proyectos realizados sobre la interactividad y responsividad en pieles y fachadas, y en edificios en general. No aparece en la obra de Fox más que una sola y tímida alusión a la obra de Price, junto a otros nombres mucho menos relevantes. Aunque también es justo decir que se trata de una recopilación de proyectos y no un estudio genealógico de la técnica. No obstante, correspondería, si efectivamente se entiende la acción proyectual mediante las nuevas tecnologías como un aporte a la construcción colaborativa, reconocer el justo valor de quien ha encendido la una de las primeras llamas en este tema. Reconocer las raíces es importante, sobre todo en aras de identificar de donde vienen las ideas, y definir también hacia dónde pueden evolucionar de ahí en más.



*Fig. 62 – Proyecto de la Oxford Corner House, mostrando el sistema de pisos móviles.  
Fuente: Canadian Center for Architecture.*

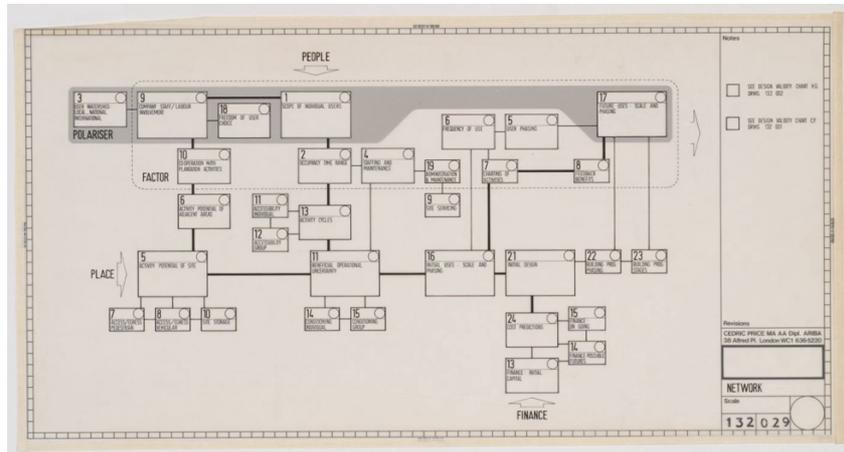
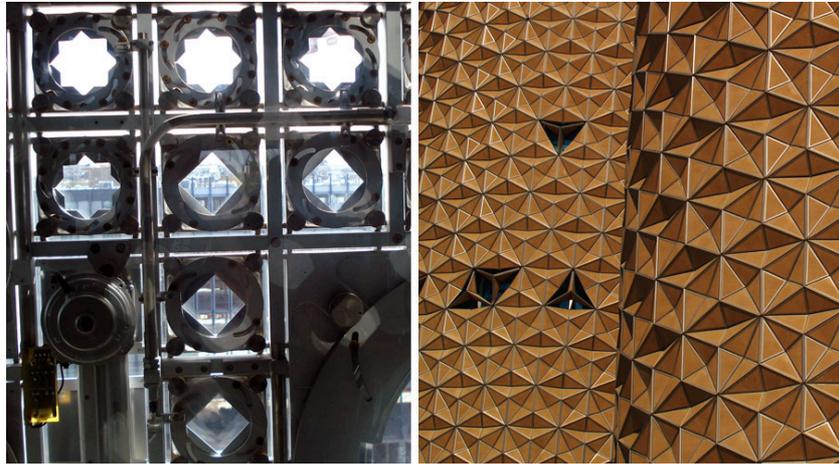


Fig. 63 – The Generator. Esquema de funcionalidad de los cubos.  
 Fuente: Designscience.



*Fig. 64 – Izquierda, fachada interactiva del Instituto del Mundo Árabe (1987).*

*Derecha, piel responsiva de las Al Bahar Towers (2012).*

*Fuente: Fotografía del autor.*

#### 4.1.2. La digitalización y el pensamiento: Nicholas Negroponte, William J. Mitchell, Lebbeus Woods.

Cedric Price no llegó a conocer a Negroponte. No obstante, fue a través de Gordon Pask, quien trabajó para ambos, que Price obtuvo una copia de su más reconocida obra, el libro *“Being digital”*, de 1995. Su comentario fue *“Good. But dated”*<sup>6</sup> (Steenson, 2017). Sin embargo, la figura de Negroponte se ha ganado un gran espacio dentro del ámbito de la tecnología, como un referente mundial. A tal punto, que la mayoría de las veces se olvida presentarlo de acuerdo a su profesión, es decir, la de arquitecto. Tal ha sido su involucramiento con la tecnología desde su posición en el MIT, que su plan conocido como *One Laptop Per Child* ha trascendido fronteras para formar parte de políticas nacionales en unos cuantos países. Entre ellos, Uruguay.<sup>7</sup>

*“Being digital”* se posicionó como un libro de vanguardia en la década de los noventa, por haber puesto en la palestra una serie de postulados disruptivos en relación a las formas de desarrollo y aplicación tecnológica en varios ámbitos. Negroponte esboza en este libro además, aunque en un estado muy embrionario, la idea de un paralelismo entre un mundo de átomos y uno de bits.

Construyendo una breve pero útil genealogía de la estructura académica del MIT, se puede decir que el actual Media Lab tuvo como antepasado inmediato al *Architecture Machine Group*, que fuera fundado por Negroponte y Leon Groisser, y operara entre los años 1967 y 1985. El cometido del AMG era integrar la arquitectura con la inteligencia artificial, la informática y la ingeniería en general. Solían trabajar con otros grupos de investigación dentro del MIT, en las áreas de psicología cognitiva, arte, cine, y *human-computer interaction* (HCI). Colaboraron asimismo con agencias de defensa del gobierno, recibiendo fondos de DARPA. Esto les dio acceso a la experimentación con tecnologías hasta ese momento exclusivas del ámbito militar. El resultado de todo esto fue tan rico como heterodoxo para la práctica proyectual de la época. Y más allá del devenir y desarrollo posterior en los tiempos más recientes del Media Lab, corresponde comentar algunos de los proyectos realizados en la época de AMG, que por su impronta innovadora, representaron hitos en el campo de la integración digital con el diseño.

---

<sup>6</sup> “Bueno, pero anticuado”. Traducción del autor.

<sup>7</sup> Ver información alusiva en página web de Fundación Ceibal.

<https://www.fundacionceibal.edu.uy/es/page/acerca-de> - Fecha de consulta: agosto 2023.

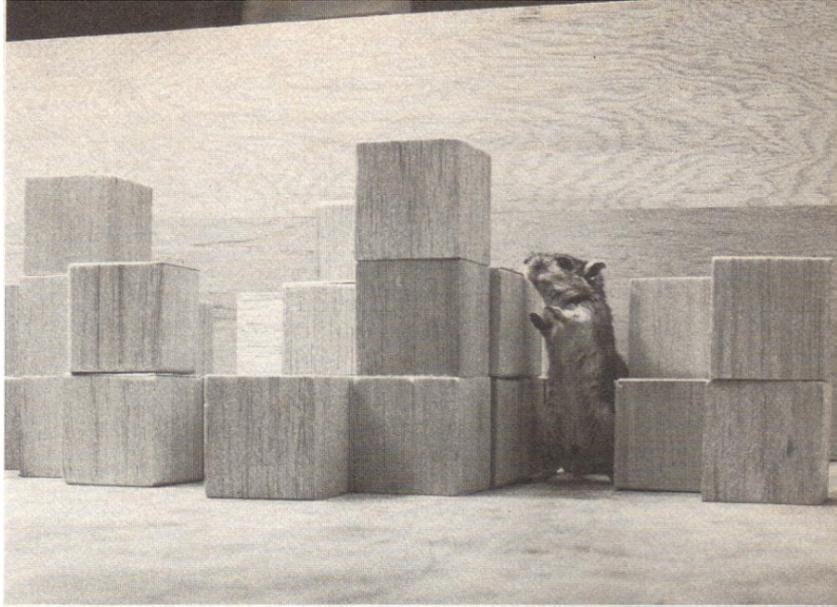
Quizá el primer trabajo que merezca ser comentado es *The architecture machine*, de 1970. Se trata de un libro cuya dedicatoria, curiosamente, fue “a la primera máquina que pueda comprender este gesto” (Negroponte, 1970). El libro, seguramente influenciado por el entonces destacado artículo “*Man-computer symbiosis*” de Licklider, pronostica un futuro no tan distante en el que las máquinas arquitecturales convivirán con los humanos. De hecho, no serán instrumentos para el diseño, sino diseños para ser habitados. El proceso de diseño se establecía como un diálogo entre inteligencias humanas y artificiales, llegando a lograr un punto de equilibrio ideal. Argumenta, de modo provocativo, que las máquinas arquitecturales necesitarían habilidades sensoriales como un ser humano. “*It is so obvious that our interfaces, that is, our bodies, are intimately related to learning and how we learn, that one point of departure in artificial intelligence is to concentrate specifically on the interfaces*”<sup>8</sup> (Negroponte, 1970). La información sensorial directa sobre las máquinas generaría un *input* confiable y seguro sobre el que operar desde una inteligencia artificial. Esto interpela además sobre cuán cerca debe estar la máquina de un ser humano, y cuánto tiempo podría esta relación demorar en lograr una simbiosis completa. O acaso una integración total.

Las máquinas propuestas por Negroponte son de escala arquitectónica pero también territorial. Estas máquinas arquitecturales de la ciudad no se definen como periféricos informáticos, sino como entornos inmersivos inteligentes, capaces de gestionar información a todo nivel, desde un usuario hasta un sistema entero de transporte. Embrionariamente, pero con una fuerza notable, Negroponte fue en cierto modo el precursor de lo que posteriormente sería el concepto de *Smart city*.

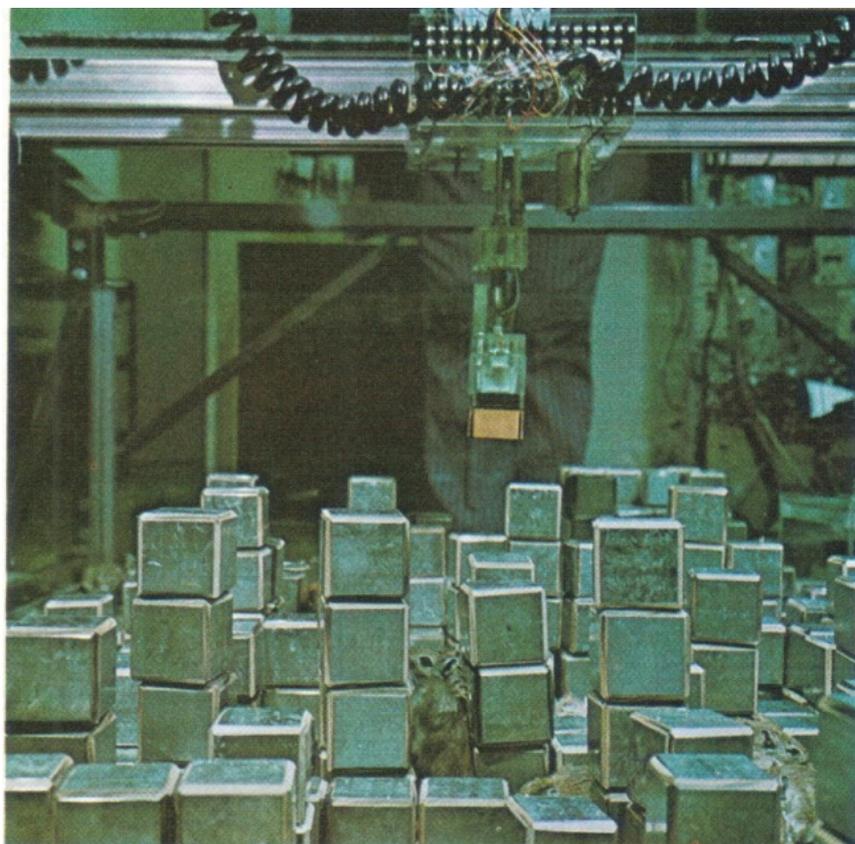
De hecho, SEEK es el nombre de unos de los proyectos más destacables del período de operatividad del grupo. Se trata de una ciudad diseñada para aprender de sus habitantes. Construida mediante cubos, un brazo robótico era capaz de estudiar los movimientos de los habitantes tenía la tarea de mover cubos de modo de evitar colisiones, a través de la predicción, y del aprendizaje sobre la marcha. SEEK podía aprender, definir nuevos modelos de comportamiento, y ordenar los cubos de acuerdo a los cambios detectados. Estos cambios aportaban la dosis de caos real en el sistema, y lo obligaban a “pensar” soluciones alternativas y adecuadas a cada caso.

---

<sup>8</sup> “Es tan evidente que nuestras interfaces, es decir, nuestros cuerpos, están íntimamente relacionados con el aprendizaje y cómo aprendemos, que un punto de partida en la inteligencia artificial es concentrarse específicamente en las interfaces.”. Traducción del autor.



*Fig. 65 – Hamsters en el experimento SEEK. Fuente: CiberneticZoo.*



*Fig. 66 – Hamsters en el experimento SEEK. Fuente: CiberneticoZoo.*

El resultado de este experimento fue una aplicación a la vida urbana bajo el modo de interpretarla de una máquina. Aunque en este experimento, los habitantes eran hamsters, en cierto modo, fue la consagración de las primeras ideas de Negroponte, y el éxito del grupo, que continuó desarrollando una actividad constante. Con la colaboración intermitente, además, de Gordon Pask, que fue un socio circunstancial en unos cuantos proyectos.

El aporte más importante de Negroponte en esta etapa fermental de su carrera, donde contribuyó a modelar un nuevo modo de pensar la arquitectura, fue quizá haber expandido las fronteras de la misma incorporando interrelaciones entre el proyecto y la ingeniería, la inteligencia artificial, e incluso el arte. De hecho, sus contribuciones a la realidad virtual fueron posteriormente tomadas por la empresa Atari Research en el desarrollo de los primeros videojuegos.

Negroponte logró trascender la idea de Le Corbusier de la máquina de habitar, para proponer algo mucho más extremo: una arquitectura capaz de responder a sus usuarios, aprender de ellos para poder mutar y lograr una mixtura que buscaba ser perfecta, y así disolver los límites entre lo humano y lo digital, sentando las bases de lo que luego se denominaría *aprendizaje automático*. Este aporte resulta por completo esclarecedor, al momento de rastrear las ideas que engendraron los conceptos actuales de integración tecnológica, o las exploraciones en torno a ciertas aristas del *big data* y al procesamiento de la marea de datos urbanos, control inteligente de flujos y demás entornos de convergencia físico-digital.

El segundo caso de estudio de este apartado corresponde a William T. Mitchell, quien fue, además de investigador y arquitecto, también un contemporáneo de Negroponte. Debido a su pertenencia al MIT Media Lab, laboratorio que sucedió al *Architecture Machine Group*, integró proyectos conjuntos y puede decirse que conocía una buena parte de sus ideas. Aun así, Mitchell también destacó como un teórico con ideas propias.

La razón por la que Mitchell es incluido en esta genealogía de antecedentes proyectuales de la convergencia físico-digital radica en que su pensamiento, en cierto modo, amalgama las ideas de Alexander, Price y Negroponte, y abre una senda hacia el giro digital de Carpo. Es, sobre todo en dos de sus libros "*e-Topia*", y "*ME++ the cyborg self and the networked city*", donde Mitchell plantea una idea de ciudad como la metáfora de una cuerpo/red, con ramificaciones y terminaciones nerviosas que pueden ser físicamente aumentadas o

expandidas mediante una intervención algorítmica inteligente, nutrida de los insumos e *inputs* que provén los aparatos sensoriales. Esto es, un sistema cognitivo complejo y en mutación constante.

Algunas de las particularidades a las que alude son las nociones de virtualidad, registro (memoria) e individualidad. Lo virtual es lo que está sin estar, lo desterritorial. Y este concepto, en el contexto de lo que él denomina arquitectura ambulante (“*ambulatory architecture*”), refleja la idea de integración entre ese sistema inteligente que es la arquitectura –y la ciudad en la que se inserta- y la humanidad. La tendencia a la miniaturización en las piezas encargadas de la gestión de información, y su capacidad creciente e inversamente proporcional a su tamaño, promueven una posibilidad de registro y memoria que son capaces de disolver los límites de la individualidad y el entorno. Lo humano es parte de la máquina y la máquina parte de lo humano. La micro escala, la miniaturización, pone la lente sobre la indefinición sobre la materia. Los átomos son átomos, más allá de a quien puedan pertenecer. O a qué. (Mitchell, 2003).

Las “criaturas conectadas”, a las que también denomina *wireless bipeds*, se mueven equipadas por chips de posicionamiento global, RFID, puntos de acceso a Internet, y capacitadas para codificar y decodificar la información urbana, tanto a nivel territorial como doméstico.

Asimismo, las criaturas conectadas de Mitchell, tendrán un sistema de producción innovador, descentralizado, también desterritorializado. Lo llama *footloose fabrication* (Mitchell, 1999). En este sistema, los objetos podrán pensarse en un sitio, programarse en otro, fabricar sus componentes en un tercer lugar y comercializarse en un cuarto. La nueva lógica productiva permite la interconexión en red alcanzando una integración de intereses, conveniencias económicas, y aprovechamiento del *know how* de un modo nuevo. Es una muestra de cómo puede funcionar la inteligencia colectiva, o *crowdthinking*, asistida por las cualidades de la integración en red. La producción de arquitectura, y la producción de ciudad, por supuesto no escapan a la misma dinámica, máxime en el entendido de que se trata de componentes maquínicos de una estructura mucho mayor.

Este modo de producción llevaría asimismo a una forma de habitar distinta, nómada, o “*electronomadic*” como él mismo la denomina. En ella, la relación frecuente entre cuerpos en movimiento y estructuras sedentarias acabaría por colapsar. Por tanto, las estructuras

urbanas deberían amoldarse a la flexibilidad necesaria, y permitir un afincamiento nómada y la adaptación a nuevos y futuros escenarios posibles.

Mitchell pronostica el declive y caída del “proyecto de arquitectura” en el sentido tradicional. La desestabilización del paradigma persona-lugar, y la separación de funciones que en cierto modo marcó la tendencia del siglo XX con el modernismo, llega a la obsolescencia cuando las divisiones espaciales deben pensarse como una multiplicidad funcional hecha posible por dispositivos interconectados, y acciones que se llevan a cabo conjuntamente entre personas localizadas en diferentes partes del globo. A su vez, los controladores del proyecto estarían sujetos a *software*, con *inputs* variables de una sociedad nómada.

En este contexto, el programa de arquitectura, entendido como la lista predefinida de requerimientos espaciales y funcionales, pierde sentido. La nueva arquitectura deberá ser adaptable, flexible, nutrida de datos en tiempo real y capaz de procesar inteligentemente esos datos. En una palabra, *responsiva*, con toda la carga tecnológica que este término tiene.

La seguridad de lo físico pierde relevancia frente a la seguridad de lo electrónico. Al no ser en necesarias en este nuevo escenario fortalezas defensivas, al tratarse de un mundo sin asedios por guerras, la seguridad debe centrarse en la información. Esta empieza a ser el bien más preciado, y acaso también el punto focal sobre el cual centrar la nueva seguridad a cuidar. La máquina custodia aquello que lo humano ya no es capaz de procesar solo. La integración final da como resultado el “cyborg y la ciudad en red”.

Mitchell fue asimismo una más de las vertientes que apuntan a la construcción del paradigma de las *Smart cities*. Para estas ciudades inteligentes diseñó una buena cantidad de proyectos y equipamientos, al tiempo que desarrolló su gran aporte teórico. Destacan sus diseños automotrices libres de contaminación y conectados en red.

Al día de hoy, el pensamiento de Mitchell continúa en buena parte vigente y de hecho, muchas de sus ideas comienzan a ponerse en práctica y a asumirse como válidas por parte de la academia, sobre todo entre las universidades de vanguardia en arquitectura e ingeniería de los países centrales. De hecho, la convergencia físico-digital toma y aplica varios conceptos manejados por Mitchell -aunque no estrictamente de su sola autoría- ,

entre los que se incluyen el *mass-customization*, la desterritorialización y la producción como acción virtual.

Finalmente, el tercer caso de estudio de este apartado lo consiga la figura de Lebbeus Woods, la cual, al igual que la de muchos teóricos, no aparece vinculada *a priori* a lo digital, o al pensamiento computacional, al menos de manera directa, como sí podría ser el caso ya referido de Christopher Alexander donde la conexión es más inmediata. No obstante, existen algunos paralelismos y resonancias entre la obra teórica de Woods y lo digital, que vale la pena contrastar. A diferencia de muchos arquitectos reconocidos, que se focalizaron en la materialización de la obra construida como epítome de su trabajo, Woods estaba profundamente interesado en la narrativa y el contexto del diseño, y esta es la razón para incluirlo en este apartado.

Sus diseños no eran solo formas abstractas; a menudo implicaban historias y contextos detallados, algo que se ve en muchas obras digitales que exploran escenarios futuristas o alternativos. Sus proyectos, por lo general inspirados en contextos post-apocalípticos o en zonas afectadas por desastres, sugieren formas alternativas de pensar sobre el espacio, la habitabilidad y la sociedad. Woods propone escenarios en los que expone la barbarie de la humanidad. En tiempos de la cortina de hierro, en medio de una Alemania dividida por el muro, propone una ciudad subterránea que se extiende debajo de Berlín. Proyecta en ella una serie de núcleos de circulación vertical en diferentes puntos para que sus habitantes, tanto de uno y otro lado del muro, puedan descender a un espacio público común ajeno a las condicionantes políticas existentes en la superficie.

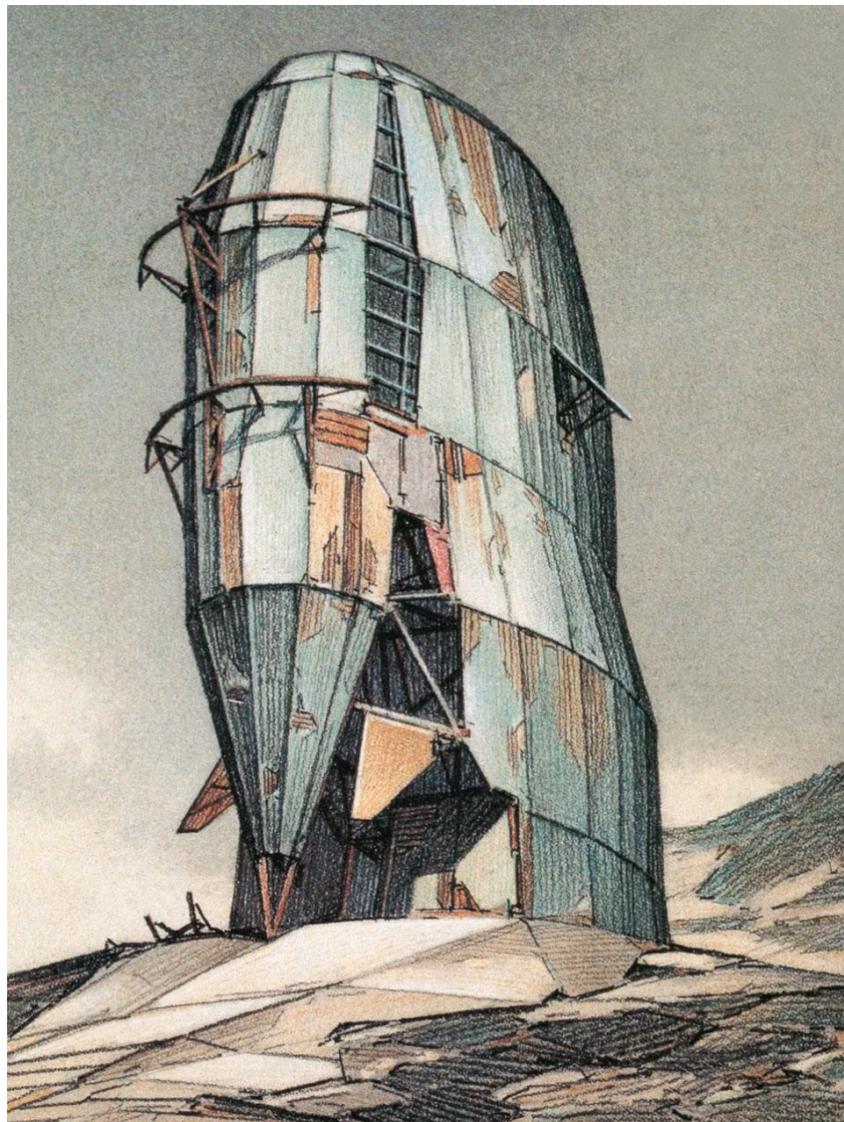
Otro ejemplo que ilustra esta misma poética de la barbarie, es la Solohouse. Sobre este proyecto, el propio Woods, en su blog -que aun continúa en línea a años de su deceso- explica: “*The Solohouse, I should explain, is as close as I have come (so far) to building a structure that could be called, in the usual sense, a building. It was built of steel and wood, about one-sixteenth full size. At five feet tall, it was not big enough to enter or physically inhabit, but nevertheless addressed the basic construction problems of an actual building—such as the selection and joining of materials, and constructional stability—in a highly tectonic sense.*”<sup>9</sup> Esta descripción pone de relieve una vez más el carácter ficcional

---

<sup>9</sup> “La Solohouse es lo más cerca que he estado (hasta ahora) de construir una estructura que podría ser llamada, en el sentido usual, un edificio. Fue construida de acero y madera, aproximadamente a una dieciseisava parte del tamaño completo. Con cinco pies de altura, no era lo suficientemente grande como para entrar o habitar físicamente, pero aun así abordaba los problemas básicos de construcción de un edificio real, como la selección y unión de materiales, y la estabilidad constructiva, en un sentido altamente tectónico.”. Traducción del autor.

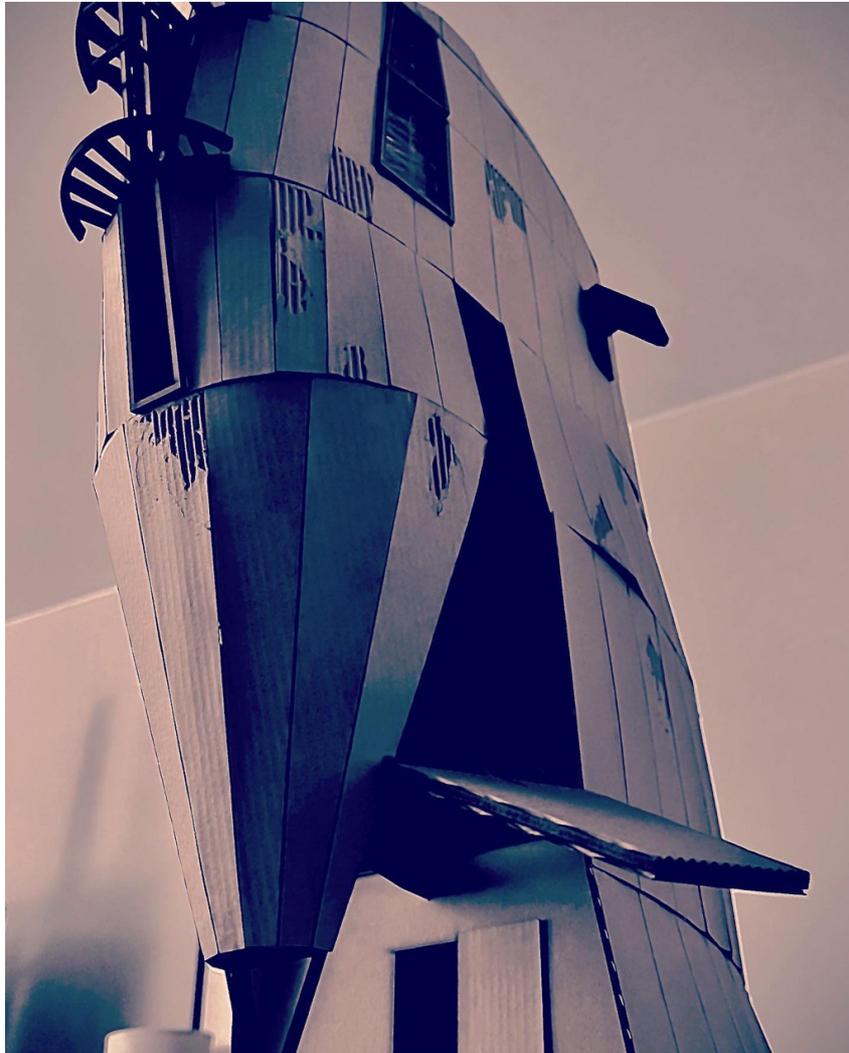
especulativo de su trabajo, donde propone una casa para un solo habitante luego de una situación catastrófica a nivel planetario.

Aunque Woods trabajaba realizando sus representaciones por medios analógicos -no era en absoluto un arquitecto digital- sus dibujos, sus proyectos y sus estructuras diseñadas encuentran eco en la arquitectura paramétrica y generativa que décadas después se volvería prominente en lo que Carpo (2012) denominó “el giro digital”. Woods es, pues, uno de los gérmenes -acaso del más notable- de la vertiente tecno-pesimista que nutrirá los escenarios de ficción especulativa posteriores.



*Fig. 67 – SoloHouse, dibujo de Lebbeus Woods.*

*Fuente: <https://cutt.ly/8w3uuBf6>*



*Fig. 68 – SoloHouse, de Lebbeus Woods. Materialización a partir de la interpretación de los gráficos de Woods.  
FabLab.MVD, 2014.  
Fuente: Fotografía: Arq. Marcelo Payssé.*

#### 4.1.3. Arquitectura informada: de Greg Lynn, Stan Allen, y Bernard Cache a Patrik Schumacher.

En este apartado se definirá la “arquitectura informada” como aquella se centra en el uso de información y herramientas digitales para guiar y orientar el proceso de diseño. Si bien sus exponentes podrían ser varios, se analizará aquí el pensamiento y la obra tanro teórica como construida de algunos de los más representativos que, en secuencia, erigen una línea evolutiva que llega hasta el presente. Se trata de Greg Lynn, Stan Allen, Bernard Cache y Patrik Schumacher.

Greg Lynn es uno de los personajes más influyentes en el campo de aplicación de lo digital en el proyecto, a partir de la adopción temprana y experimentación con las nuevas herramientas digitales como forma de representación y como instrumentos de pensamiento. Lynn se ha centrado en la idea de la arquitectura de “blobs”, una terminología que se utiliza para describir formas arquitectónicas que no tienen una geometría fija, sino que son continuas, morfológicamente complejas y a menudo se asemejan a organismos biológicos o formas bioinspiradas. Esta idea desafía la tradición de la arquitectura moderna basada en formas geométricas simples y regulares, o incluso formas clásicas, como el rectángulo y el círculo, y propone en su lugar un enfoque más fluido y dinámico para el diseño arquitectónico.

Lynn argumenta que, a través de lo digital, es posible "animar" las formas arquitectónicas, permitiéndoles cambiar, adaptarse y responder a su entorno. Estas nuevas formas proyectuales no son estáticas; por el contrario, son formas especialmente dinámicas que pueden evolucionar con el tiempo. En lugar de pensar en el proyecto como algo fijo y permanente, Lynn lo presenta como algo vivo, como algo adaptable y en constante evolución. Esencialmente, a partir del uso de herramientas CAD, a partir de una adopción temprana de las lógicas de lo digital. Tal como el mismo Lynn expresa: *“La idea de forma en movimiento no es nueva; ahora bien, las instrumentalidades a través de las que puede pensarse están ya muy avanzadas. Es importante distinguir entre lo avanzado y lo nuevo. Movilidad y estaticidad no son ideas nuevas, sin embargo es difícil, complejo e incómodo concebir una forma en movimiento con escuadra y cartabón. Los arquitectos son fundamentalmente simplistas en sus técnicas, de modo que la escuadra y el cartabón producen un tipo específico de simplicidad arquitectónica. Y sencillamente, con técnicas más avanzadas, resulta económica e intelectualmente posible que los arquitectos diseñen*

*con un concepto más complejo de movilidad y estabilidad. La movilidad no es una idea nueva, es una idea que gana en complejidad e interés, sobre todo debido a la irrupción del software y el hardware de animación en el territorio de la arquitectura.” (Ortega, 2009).*

Pero aun trascendiendo la mera experimentación formal, Lynn también explora las implicaciones programáticas y funcionales de estas formas animadas. Argumenta que estas formas complejas pueden generar nuevos tipos de espacios y experiencias que no son posibles sin el aporte de lo digital. Por ejemplo, en lugar de diseñar un edificio como una serie de habitaciones y conectores, Lynn propone concebirlo como un paisaje continuo de espacios interconectados que fluyen entre sí, repensando la relación entre interior y exterior, disolviendo esta dicotomía para considerar un *continuum* espacial con transiciones entre espacios.

Acaso la faceta menos conocida de Lynn es la que refiere a su visión del uso de la inteligencia artificial en el proyecto. Se entiende que Lynn se refería a una visión propia de los lejanos años sesenta y setenta, pero sobre la cual ha sabido volcar todo su escépticismo:

“Por fin podemos dejar de referirnos a los ordenadores con la metáfora del cerebro; la idea de que el ordenador piensa, como un animal pero que tuviera una inteligencia artificial, generalmente hoy se tiene por ridícula. Cuando se habla de la tecnología digital, en cambio, a menudo se compara con los metales líquidos, las nubes de partículas o los materiales en bruto. El reino de lo digital está poblado de compuestos abstractos con propiedades intrínsecas y de restricciones que marcan sus límites interactivos de forma, configuración y comportamiento en el tiempo. Éstos son los atributos del medio digital que tan desesperadamente requieren las nuevas sensibilidades arquitectónicas y aproximaciones compositivas actudes.” (Lynn, 1999).

La concepción de Lynn asignaba un importante rol a lo físico, a la producción material, allende la experimentación digital. Es uno de los pioneros en asumir que la generación de formas complejas implicaba la utilización de herramientas nuevas para su realización física. Esto implicó sentar las bases para el uso de la fabricación digital como medio indispensable de producción, primero en la modalidad sustractiva (CNC) y años más tarde en la modalidad aditiva. A través de la experimentación con herramientas digitales y nuevas tecnologías,

Lynn introduce una visión diferente del proyecto, que desafió las nociones preconcebidas y sirvió de sustento a varios teóricos y proyectistas ulteriores.

Por su parte, Stan Allen, comparte con Lynn su interés por las herramientas digitales de su tiempo, pero su enfoque es, acaso, menos centrado en la generación morfológica y más en cómo los sistemas y redes pueden ser utilizados para informar el diseño tanto a nivel arquitectónico como urbano. Se puede afirmar pues, que su relación con la arquitectura informada es más compleja: aunque ambos comparten el interés en usar datos y herramientas digitales para orientar y regir los procesos de diseño, Allen ha promovido especialmente el concepto de "*field conditions*" en la arquitectura. Su enfoque se aleja de la idea de objetos arquitectónicos discretos y se centra más en la creación de entornos de continuidad. A menudo, estos entornos son el resultado de procesos generativos y algorítmicos, similares a los que Lynn podría emplear, pero con una énfasis diferente en términos de resultado formal y espacial.

Allen (2009), haciendo referencia a Virilio, aporta además una interesante reflexión sobre la incidencia de lo digital y de lo computacional en los procesos de diseño. Sostiene que el tiempo transcurre en torno a dos velocidades. Por un lado, la velocidad metabólica, que sería la de los seres vivos y su tiempo natural de reacción; y por otro, la velocidad tecnológica, que es la velocidad de proceso y de desarrollo de las máquinas. Lo que hace la diferencia entre el estado del arte de la tecnología de la primera revolución industrial y la actualidad es la erosión de las fronteras y los bordes entre ambas velocidades, exhibiendo así una continuidad difusa. No obstante, la arquitectura, según Allen, sostiene su instrumentalidad específica en el mundo de los objetos, no de la información. Dice: "...*la arquitectura necesita ser capaz de aprovechar plenamente los nuevos instrumentos de la tecnología informática. Eso implicaría, de forma específica, no entender el ordenador en términos utópicos (dando la espalda a los hechos y a la realidad), sino en términos más pragmáticos: articulando un juego más complejo entre lo real y lo virtual.*" (Allen, 2009). Expresa aquí un cierto escepticismo sobre lo que denomina el "impulso tecnocrático", como a las hipótesis de futuro basadas en la utopía. Sostiene que la computadora no es una herramienta convencional más, sino una herramienta muy especial, con enormes capacidades, velocidad de trabajo, y -por supuesto- también limitaciones específicas. Es por esto que reclama no perder de vista su carácter instrumental, especialmente para la descripción geométrica, el modelado tridimensional, la simulación de escenarios, de funciones, y de resultados. No le asigna un status demasiado importante a la trasposición de

bits a átomos, un tema sobre el que, desde una perspectiva escéptica, se ocupa de denostar. No obstante, es uno de los promotores de la idea de “materialidad digital” -idea ya comentada en el capítulo X-, y de la ciudad como “paisaje de información”, donde previsualiza la importancia y la jerarquía que adquirirá el poder computacional y plantea la necesidad de entender la ciudad como una reconfiguración de protocolos en torno a la “iteración, retroalimentación y adaptación” como parámetros fundamentales de la comprensión del fenómeno urbano. Reclama además, que el acto de proyectar las ciudades o la arquitectura deberán aprender de su complejidad intrínseca, paradójicamente, cediendo una buena parte del control a las máquinas, estableciendo una relación cibernética a un tiempo potente y emancipadora.

Bernard Cache, por su parte, adquiere su notoriedad por haber desarrollado sus exploraciones en el campo del diseño paramétrico y el uso de herramientas digitales para generar formas complejas. En lo que aquí se destacará como su aporte a la idea de “arquitectura informada”, Cache argumenta, yendo más allá que Allen, que las herramientas digitales pueden ser utilizadas para producir una nueva clase de objetos que son tanto individuales como parte de una serie. He aquí uno de los gérmenes de la customización actual, para la cual desarrolló -a partir de código propio- software específico. En términos generales, su trabajo pone énfasis en la relación entre el diseño, la fabricación y la computación, aproximándose más a la idea de convergencia físico-digital. Acaso su aporte más fundamental sea la noción de “objectile”, una palabra que combina "objeto" con "versátil" o con "móvil" -o eventualmente con ambas-, y hace referencia a la idea de que los objetos no están fijos en una forma definitiva, sino que son capaces de cambiar y adaptarse. Con la ayuda de herramientas digitales y técnicas de fabricación digital, tanto aditiva como sustractivas, es posible producir objetos que varían sutilmente en su forma y configuración según diferentes parámetros o condiciones. Cache ha argumentado que esta aproximación al diseño y la fabricación tiene el potencial de transformar la forma en que se piensa y se producen los objetos en general y la arquitectura en particular. Los "objectiles" de Cache representan, pues, una exploración sobre cómo las herramientas digitales pueden ser utilizadas para producir diseños más responsivos, adaptativos y customizados. La idea desafía la noción tradicional y fordista de producción masiva y estándar, proponiendo en su lugar una forma de producción que valora la variabilidad y la especificidad.

Por su parte, Patrik Schumacher, el cuarto caso de análisis de esta sección, propone la idea de una “autopoiesis de la arquitectura”, precisamente en su libro homónimo (Schumacher,

2011). Este concepto, que deviene de un término acuñado en la década de los setenta por los biólogos Maturana y Varela (Dittus, Vásquez, 2016), antes de ser integrado por Luhmann en su teoría de sistemas, explica cómo la arquitectura, al igual que otras disciplinas, puede ser una práctica autónoma y a la vez abierta, adoptando conceptos de otras áreas como la sociología para enriquecer su propio discurso. En esta línea Schumacher posiciona su noción de “parametricismo”, que toma prestados métodos y teorías de disciplinas como lo matemático y lo computacional para crear diseños que son -pretendidamente, al menos- autoconsistentes y adaptativos. En la entrevista que Loreto Flores le realiza a Schumacher<sup>10</sup>, este expresa que la adopción de la autopoiesis en arquitectura, adquiere un carácter significativo: sugiere un sistema arquitectónico que se regenera y evoluciona por sí mismo, respondiendo a su entorno sin ser directamente prescriptivo. Estos conceptos aparecen como un reflejo de la influencia del trabajo de Lynn, Allen y Cache, donde la tecnología, la estrategia de campo y la generación paramétrica de formas contribuyen a un discurso arquitectónico que es dinámico y auto-regenerativo, en consonancia con el concepto de autopoiesis propuesto por Maturana y adoptado por Schumacher.

---

<sup>10</sup> “La autopoiesis de la arquitectura”. Entrevista de Loreto Flores a Patrik Schumacher.  
<https://www.patrikschumacher.com/Texts/La%20Autopoiesis%20de%20la%20Arquitectura.htm>  
Fecha de consulta: octubre 2023.

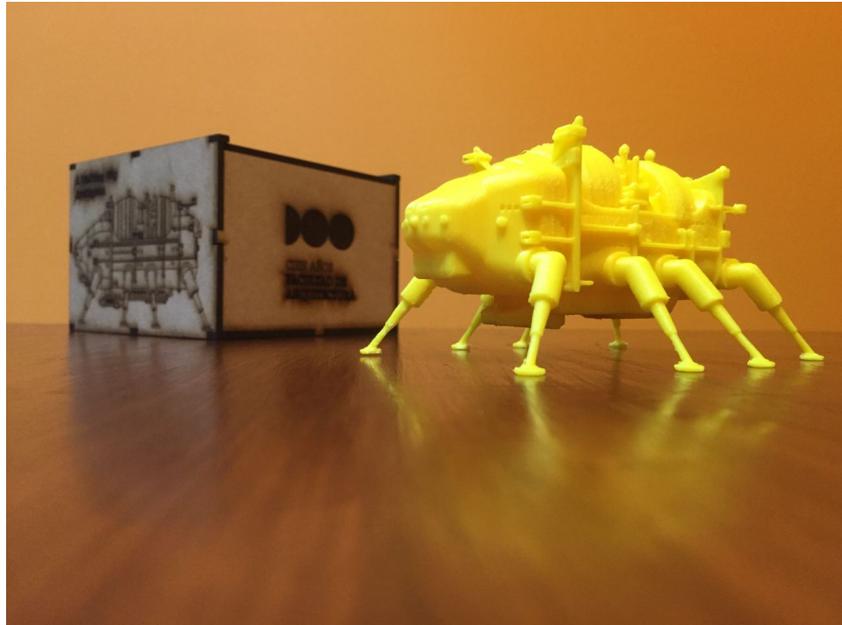
## 4.2. De lo digital (bits) a lo físico (materia).

El análisis y la evaluación de los antecedentes proyectuales en la transición o del pasaje de lo digital a lo físico es, sin dudas, rastreadable a partir de diversos autores y obras. Pero también a partir de hechos históricos que constituyeron hitos en la evolución del pensamiento y la acción que desemboca en la convergencia físico-digital. Algunos ejemplos de ello remiten al surgimiento de algunas iniciativas forjadas al interno de los centros de investigación de alta relevancia, como el MIT y la red FabLab, las experiencias universitarias europeas, fundamentalmente en Alemania y Suiza, y las actividades teórico-prácticas más atomizadas es independientes, cuya génesis tuvo más apoyo en la voluntad de sus impulsores que en una tendencia institucional marcada. Los tres ámbitos han ejercido una influencia notable y han tenido un derrame dispar en el contexto latinoamericano, donde se puede hablar de una apropiación tecnológica con retraso temporal, pero también, adaptada a las circunstancias. Una *tecnodiversidad* -por usar las palabras de Hui (2021)- apropiada, en el doble sentido de: apropiada como adecuada al contexto y apropiada como hecha propia.

### 4.2.1. La cultura hacker: Neil Gershenfeld y el surgimiento de la red FabLab.

En el momento actual, sostener que el cambio de siglo y de milenio determinaron un punto de inflexión en la historia de la humanidad a partir del cual se inició la mayor aceleración del desarrollo tecnológico de la historia, puede parecer una obviedad, debido a la actual internalización conceptual y práctica de lo digital en toda la actividad humana. No obstante, la necesidad de establecer un punto determinado para dar inicio a un período se facilita en esta coincidencia espacio-temporal. De hecho, es en el año 2001 cuando desde el MIT (Massachusetts Institute of Technology) surge el innovador y pujante *Center for Bits and Atoms*, bajo el influjo de Neil Gershenfeld.

La figura de Gershenfeld ha sido de primordial trascendencia para la inclusión de la fabricación digital en el pensamiento digital a nivel proyectual. Siendo un destacado profesor y director del CBA, ha dedicado buena parte de su tiempo a explorar la intersección entre lo computacional -lo digital, los bits- y el mundo físico -la materia, los átomos-.



*Fig. 69 – Interpretación del FabLab MVD de la walking city de Ron Herron, presentada a la muestra “Homo Faber”, en la Universidad de Sao Paulo, 2015..*

*Fuente: Fotografía de Marcelo Payssé.*

La red FabLab, que ha adquirido presencia global en universidades y centros de difusión tecnológica, surgió a partir de una clase en el MIT llamada "*How to Make (Almost) Anything*", impartida por Gershenfeld. Fue a raíz de esta clase que se comenzó a popularizar el interés público en la fabricación digital, primero a nivel universitario y luego a nivel de la cultura maker en general y sus seguidores y entusiastas. La idea detrás de los Fab Labs era llevar la tecnología de fabricación digital al público en general, permitiendo a las personas crear objetos y soluciones a problemas locales utilizando herramientas digitales avanzadas, a partir de una horizontalización del conocimiento entre la academia y la sociedad civil.

Los Fab Labs proporcionaron, pues, acceso a una variedad de herramientas digitales, como cortadoras láser, máquinas de control numérico CNC, escáneres de diversos tipos, y, por supuesto, una de las tecnologías más desarrolladas durante la Cuarta Revolución Industrial: las impresoras 3D. A través de la formación continuada e incremental en el uso de estas tecnologías, los usuarios podrían diseñar y fabrica (casi) cualquier cosa.

La red se ha expandido globalmente, fomentando la creación de comunidades, infiltrándose en los centros universitarios de buena parte del mundo, y coadyuvando así a la innovación e investigación en comunidades académicas y no académicas de todo el mundo. Su enfoque no es estrictamente tecnológico, sino que también pone énfasis en aspectos educativos, promoviendo un enfoque práctico y experimental del aprendizaje. No obstante, corresponde mencionar que el origen de la fabricación digital es algo algo más remoto, según lo advierte el propio Gershenfeld: "*The roots of the revolution date back to 1952, when researchers at the Massachusetts Institute of Technology (MIT) wired an early digital computer to a milling machine, creating the first numerically controlled machine tool*"<sup>11</sup> (Gershenfeld, 2012). Desde ese momento, la cultura *hacker/maker* nutrió las raíces de las estructuras universitarias en torno a la fabricación digital y a su sustrato teórico. Los Fab Labs vinieron a conformar los primeros núcleos formales destinados a la investigación académica sobre todas las ramas y vertientes de la fabricación digital. No obstante ello, no son hoy la única fuente. Aunque se trata de una campo de estudio todavía bastante incipiente en la industria, las universidades a nivel global y específicamente a través de sus escuelas de ingeniería y diseño están tejiendo una red de nodos dedicados a la investigación y producción sobre nuevas tecnologías aplicadas a la fabricación. Estos nodos se clasifican usualmente como *makerspaces*, *hackerspaces*, y por supuesto, Fab Labs, existiendo algunas pocas pero

---

<sup>11</sup> "Las raíces de la revolución se remontan a 1952, cuando investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) conectaron una de las primeras computadoras digitales a una fresadora, creando la primera herramienta de máquina controlada numéricamente." Traducción del autor.

marcadas diferencias de enfoque entre los tres tipos de laboratorios, según refiere Van Holm (2015).

La trama que abarca la red Fab Labs y los diferentes espacios *maker*, comienza a crecer sin un plan coordinado en muchos casos, pero con objetivos similares, y plantea con distintos puntos de énfasis las relaciones existentes entre la génesis del diseño desde lo digital y su traducción en átomos mediante diferentes procesos circunscriptos a las tecnologías de la información. Sperling define no sin cierta poética este crecimiento como “*the migratory movement of Homo Faber*” (Sperling, Herrera, 2015). El Homo Faber sería, en este caso, una visión del *maker*, una figura retórica que alude al fabricante/diseñador de objetos/procesos/proyectos. En otras palabras, la máquina deseante detrás de las máquinas inteligentes que conforman y dan soporte y esencia a los espacios de producción (Kurzweil, 1999).

Se denominará de aquí en más, con el término “fabricación digital”, a todas las técnicas de pasaje de átomos a bits mediante tecnologías digitales, en sus diferentes modos de aplicación, y tomará como horizonte temporal de análisis la propia génesis de la fabricación digital contemporánea, con el nacimiento de la red Fab Lab. A partir de esta institucionalización, la construcción del corpus teórico de la fabricación digital crece incrementalmente y se expande a otros laboratorios universitarios, empresas y estudios profesionales, forjando así una red de intercambio que se torna cada día más activa y canaliza las investigaciones sobre el tema: “...*making becomes knowledge or intelligence creation. In this way thinking and doing, design and fabrication, and prototype and final design become blurred, interactive, and part of a non-linear means of innovation*”<sup>12</sup> (Iwamoto, 2009).

La fabricación digital, que tiene entre sus sustentos conceptuales a la filosofía *maker*, sostiene una línea de pensamiento en la cual pensar y hacer concurren en un único camino simultáneo, que confluye además con la difusión de lo realizado. Flusser se refiere a esto como el punto donde “*the creative potential of Homo Faber will come into its own*” (Flusser, 1999). Asimismo, la revolución que implica la fabricación digital toma distancia de la adopción del CAD, que ha sido en los últimos cincuenta años el estándar de producción, por el solo hecho de reemplazar la representación tradicional por la computacional. La

---

<sup>12</sup> "...el hacer se convierte en conocimiento o inteligencia. De esta manera, pensar y hacer, diseñar y fabricar, y el prototipo y el diseño final se vuelven difusos, interactivos y parte de un medio no lineal de innovación." Traducción del autor.

fabricación digital no es, pues, una herramienta que sustituya a otras, sino un nuevo paradigma desde el que pensar la práctica proyectual. La posibilidad de pensar el diseño desde la acción, y la acción desde el diseño, construye una simbiosis entre idea y producto final, que conforma la relación recíproca referida por Pask en el capítulo precedente.

Lisa Iwamoto se refiere en estos términos: *“For many years, as the process of making drawings steadily shifted from being analog to digital, the design of buildings did not really reflect the change. CAD replaced drawings with parallel rule and lead pointer, but buildings looked pretty much the same. This is not so surprising –one form of two-dimensional representation replaced another. IT took three-dimensional computer modeling and digital fabrication to energize design thinking and expand the boundaries of architectural form and construction”*<sup>13</sup> (Iwamoto, 2009).

Diseño computacional y fabricación digital se unen entonces en una relación biunívoca, acaso simbiótica, que puede ser aprehendida desde varias ópticas: el modo de generación de geometrías en el espacio digital, las operaciones matemático-espaciales que definen esas geometrías, las estrategias proyectuales a adoptar, y la integración de la robótica como proceso proyectual.

#### 4.2.2. La integración robótica: Gramazio-Köhler, Mahesh Daas, y Achim Menges.

La integración robótica al proceso de pensar-hacer el proyecto ha abierto nuevas posibilidades para la experimentación, la fabricación y la personalización en el diseño. Si bien tiene unos cuantos exponentes en la industria china, japonesa y coreana, el factor de innovación proyectual sobreviene mayormente de algunas universidades europeas. Se hará referencia en este apartado al aporte realizado por tres referentes que han tenido un alto impacto en su obra. Se trata del estudio Gramazio-Köhler, y de los investigadores Mahesh Daas, y Achim Menges.

En tal sentido, Fabio Gramazio define su trabajo:

---

<sup>13</sup> "Durante muchos años, mientras el proceso de realizar dibujos pasaba gradualmente de ser analógico a digital, el diseño de los edificios realmente no reflejaba el cambio. El CAD reemplazó los dibujos con regla paralela y puntero de plomo, pero los edificios parecían prácticamente iguales. Esto no es tan sorprendente: una forma de representación bidimensional reemplazó a otra. Tomó modelado tridimensional por computadora y fabricación digital para energizar el pensamiento de diseño y expandir los límites de la forma arquitectónica y la construcción." Traducción del autor.

*"In our research we examine the changes in architectural production requirements that result from introducing digital manufacturing techniques. Our special interest lies in combining data and material and the resulting implications this has on the architectural design. The possibility of directly fabricating building components described on the computer expands not only the spectrum of possibilities for construction, but, by the direct implementation of material and production logic into the design process, it establishes a unique architectural expression and a new aesthetic"<sup>14</sup>.*

Con esta consigna, la investigación proyectual de Gramazio y Kohler no se restringe a la impresión 3D como camino exploratorio, sino que busca incorporar las técnicas de agregación en todo su potencial, empleando brazos robóticos para el posicionamiento exacto de piezas, e incluso de drones con el mismo fin. *"Our research focuses on additive digital fabrication techniques used for building non-standardized architectural components. Simply put, additive fabrication can be described as a three-dimensional printing process. By positioning material precisely where it is required, we are able to interweave functional and aesthetic qualities into a structure. We can thus "inform" architecture through to the level of material. Our aim is to develop criteria for a new system of structural logic which can be applied to architecture and that is intrinsic to digital fabrication. We started with modules such as bricks as a basic material and are now expanding the spectrum to include fluid materials"<sup>15</sup>.*

A través del NCCR Digital Fabrication, que tiene su inicio en el año 2014, las iniciativas orientadas a la fabricación digital en todo el territorio suizo han conseguido un posicionamiento estratégico de cara a la implementación y puesta en práctica de las investigaciones realizadas en el tema. Como emprendimiento multidisciplinar, combina en

---

<sup>14</sup> "En nuestra investigación examinamos los cambios en los requisitos de producción arquitectónica que resultan de la introducción de técnicas de fabricación digital. Nuestro interés especial radica en combinar datos y materiales y las implicaciones resultantes que esto tiene en el diseño arquitectónico. La posibilidad de fabricar directamente componentes de construcción descritos en la computadora no solo amplía el espectro de posibilidades para la construcción, sino que, mediante la implementación directa de la lógica de material y producción en el proceso de diseño, establece una expresión arquitectónica única y una nueva estética." Traducción del autor. Texto original en línea: <https://shorturl.at/kqwS0>

<sup>15</sup> "Nuestra investigación se centra en técnicas de fabricación digital aditiva utilizadas para construir componentes arquitectónicos no estandarizados. En términos simples, la fabricación aditiva puede describirse como un proceso de impresión tridimensional. Al posicionar el material precisamente donde se requiere, somos capaces de entrelazar cualidades funcionales y estéticas en una estructura. De esta manera, podemos "informar" a la arquitectura hasta el nivel del material. Nuestro objetivo es desarrollar criterios para un nuevo sistema de lógica estructural que pueda aplicarse a la arquitectura y que sea intrínseco a la fabricación digital. Comenzamos con módulos como ladrillos como material básico y ahora estamos ampliando el espectro para incluir materiales fluidos." Traducción del autor. Texto original en línea: <https://shorturl.at/kqwS0>

los arquitectos el perfil de diseñador, de programador y de constructor de objetos: de edificios, de máquinas y de códigos que programan máquinas.

En su publicación más icónica y representativa, *The robotic touch*, Gramazio y Köhler refieren a la robotización de la industria como un objetivo base para un cambio fundamental en la disciplina proyectual: la conexión recíproca entre la realidad digital surgida de un soporte computacional, y la realidad física de la arquitectura. A diferencia de la tendencia establecida durante el giro digital referido por Carpo, donde la exuberancia y el exhibicionismo tecno pornográfico tomaban el lugar primordial del proyecto, ellos refieren a una “segunda edad digital”, que, acompañando en buena medida la idea del segundo giro digital de Carpo, no pone énfasis en las formas digitales en sí, sino en la riqueza del proceso de materialización de lo digital. En este contexto, el robot es al mismo tiempo un símbolo de una era, y una herramienta primaria para un profundo cambio conceptual en la disciplina. El objetivo o la motivación no es, pues, automatizar o racionalizar los procesos de construcción existentes, sino aplicar la robótica para investigar las implicaciones de diseño de procesos de construcción robótica personalizados. De hecho, con este potencial “codificado en su ADN”, el robot resulta ser el instrumento genérico esencial, que permite generar una conexión entre las capacidades intrínsecas de los métodos de diseño digital con el espectro completo de materialización física. Bajo esta visión, Gramazio y Köhler definen el aporte robótico como un motor de experimentación que ha permitido inventar procesos constructivos y materializaciones fundamentalmente nuevas, prefigurando el futuro de la fabricación digital e introducido el concepto de materialidad digital en el discurso arquitectónico, que ya se ha mencionado en capítulos precedentes. Esta idea establece una nueva dimensión de permeabilidad entre diseño y máquina, entre complejidad y contexto, entre arquitectura y ciencia. Permite que estos se conviertan en variables, habilitando a los arquitectos para intervenir directamente en los procesos de diseño y materialización existentes. Aquí, el énfasis está en los procesos físicos y las lógicas materiales, de modo que cada detalle informado digitalmente refleje la lógica del diseño en su conjunto. Con tal atención digital cuidadosa a los detalles constructivos, la arquitectura vuelve nuevamente a su propia naturaleza material.

Según Gramazio y Köhler (2014) la aplicación de la robotización en arquitectura tampoco debería verse desde una perspectiva puramente afirmativa sobre las capacidades máquinicas resultantes o en el sentido de meras posibilidades de automatización y optimización. Es decir, no debería considerarse como una ontología tecnicista sino como un

punto donde la materialidad obtiene su significado arquitectónico central. El robot y la digitalización generatriz de la materialidad brindan posibilidades nuevas, en las que es posible reconocer, de acuerdo a las ideas de Carlo Scarpa, un resurgimiento de una arquitectura algorítmica. A través de ella, se produce una “reconceptualización”, mediante la cual a través del robot fortalece el papel central del diseño y las capacidades inherentes de los materiales, que emergen con confianza dentro de un encuentro evocador, diverso y tangible.



*Fig. 70 – Robotic Plaster Spraying, ETH Zurich, 2018-2022.*

*Fuente: Gramazio Kohler Research, ETH Zurich.*

Este énfasis en el diseño constructivo y la fabricación maquina potencia una forma radicalmente nueva de pensar y materializar la arquitectura. Para determinar “cómo los robots están cambiando la arquitectura”, es menester adentrarse en unos cuantos ejemplos proyectuales que echan luz sobre esta incidencia y ponen de manifiesto de manera práctica lo que sostienen en su discurso.

Mahes Daas, el segundo caso de estudio de este apartado, ostenta una visión que se puede calificar como tecno-optimista, en el sentido de que percibe la robótica de un modo acaso más esperanzador, o “evocador”, como él mismo lo llama. Esta visión posiciona a la robótica como un catalizador para la innovación en la arquitectura, centrándose en tres aspectos clave: la colaboración humano-robot; la experimentación en diseño; y la sostenibilidad.

Como sustento a esa visión tecno-optimista, que escapa de la visiones apocalípticas clásicas -descendientes en su mayoría de la ciencia ficción y de las posturas críticas, desde las fundadas y moderadas hasta las visiones neo-luditas- concibe la relación entre humanos y robots no como una de reemplazo, sino de sinergia. En su visión, los robots se convierten en entidades colaboradoras creativas, extendiendo las capacidades humanas y permitiendo la ejecución material de soluciones proyectuales de otro modo inconcebibles.

Daas propone un enfoque de diseño cuyo núcleo central está en la experimentación, y que utiliza la robótica para explorar formas, texturas y estructuras complejas. Esta experimentación se apoya en el diseño paramétrico y la fabricación digital, donde cada elemento puede ser único, pero eficientemente producido. Asigna además un grado de importancia alto a la sostenibilidad en la materialización asistida por robótica. Argumenta que la precisión de los robots puede reducir significativamente el desperdicio de material y optimizar los procesos de construcción, conduciendo a prácticas más sostenibles y ambientalmente más responsables.

Daas (2018) apunta que, actualmente, la incorporación de la robótica en la materialización del proyecto está en gran parte contenida bajo el marco de las últimas dos décadas de fabricación digital, coincidentemente con la red FabLab y con el nuevo siglo. Luego, existen también otros marcos más antiguos como la arquitectura cinética, la arquitectura inteligente y adaptable, los entornos interactivos y las tecnologías apropiadas, que han cumplido su propósito dadas las épocas, tecnologías y discursos. De hecho, el trabajo de algunos pioneros en la interacción humano-computadora podría ser descrito hoy a partir de marcos

adecuadamente definibles como robóticos. El caso de Cedric Price, comentado en el apartado precedente, es acaso el ejemplo más icónico de esto.

En ocasión del congreso anual de SIGraDi de Montevideo, Daas (2014) plantea una triple taxonomía para la clasificación robótica en su relación con la materialización del proyecto. Por un lado, presenta una clasificación morfológica, donde cataloga a los robots respecto a su forma; luego, presenta una clasificación en relación al marco de trabajo y su interacción con lo humano; una clasificación en relación con el marco de trabajo y su interacción con lo proyectual; y finalmente, una clasificación en relación al marco de trabajo y la interacción entre lo proyectual y lo tecnológico.

La clasificación por forma, divide a los robots en cuatro categorías: biomórficos, mecanomórficos, polimórficos y amórficos. Los primeros son aquellos que, por su forma, recuerdan a animales, seres humanos, insectos, animales o, en general, cosas vivientes. Ejemplo de ellos podrían ser C3PO, los Boston Dynamics, Sophia, o ASIMO. Los mecanomórficos, son aquellos robots que recuerdan a máquinas o a objetos no vivientes, pero que les asignan un carácter autónomo, como puede ser el caso de R2D2, Wall-E, o Rosie. Los robots polimórficos son aquellos que pueden asumir distintas formas, que pueden estar entre el primero o el segundo grupo, y entre los que se puede citar como ejemplos a algunos robots del universo de la ficción, como los Transformers, los Gobots, Tokuso Kihei Dorvack, o los Gundam. Finalmente, el cuarto grupo, el de los robots amórficos, nuclea a aquellos que no tienen una forma identificable. Una vez más, en el terreno de la ficción, un buen ejemplo podría ser la estructura-nave de HAL9000.

La clasificación en relación al marco de trabajo y la interacción de los robots con lo humano establece una vinculación de los robots con la arquitectura; una segunda, con las personas; una tercera, con otros robots; y una cuarta, más abarcadora, que amalgama todo lo anterior. La vinculación de los robots con la arquitectura apunta a definir la relación entre lo robótico y el proceso de diseño y construcción, esto es, con la ejecución material y física del proyecto. La vinculación de los robots con las personas establece una relación directa o indirecta entre las personas y las máquinas, como asistencia al proceso de proyecto. La de interacción robot-robot refiere precisamente a entidades robóticas interactuando autónomamente con otras en entornos de producción física. Esto es, un enjambre de sistemas autoensamblables y autómatas celulares en estado de simbiosis. El cuarto grupo clasifica las interacciones de los tres grupos anteriores. Es decir, involucrando robots, personas y producción material,

constuyendo así un marco conceptual esencial a considerar que una arquitectura es, efectivamente, “robótica”. (Daas, 2014).

La relación de los robots con la materialización del proyecto, presume la existencia de ciertos roles, que pueden clasificarse en función de su finalidad. Por un lado, los robots destinados al diseño mismo, participan en las etapas preliminares, de modelado, y de prototipado; los destinados a la fabricación, participan de la producción y customización *off-site* o en fábrica; los destinados a la producción toman parte en la construcción misma junto a sus contrapartes, controladores o asistentes humanos; y como cuarto grupo, los destinados a actividades operativas. Estos son, robots con autonomía, teleoperados o semi-autónomos integrados en tareas operativas como vigilancia, mantenimiento, gestión de riesgos, etc.

Estas taxonomías aportadas por Daas contribuyen a esclarecer los posibles roles de la robótica en el amplio espectro de oportunidad que se abre a partir de su inclusión en el aspecto proyectual, tanto en su rol de mediación tecnológica, de actividad creativa, o de ejecución performativa. En tal sentido, el marco de trabajo de la “arquitectura robótica” establece cómo los edificios se transforman en robots en sí mismos. Esto se produce de cuatro maneras diferentes. Esto es: como superficies como fachadas, paredes, techos y componentes de edificios se convierten en robóticas; como servicios y sistemas de construcción, incluyendo sistemas eléctricos, mecánicos, de iluminación, de seguridad, de protección, etc; como estructuras que responden a parámetros ambientales importantes como terremotos, tornados y otras consideraciones catastróficas; o como proyectos completos, incluyendo espacio, volumen, acústica, programa, circulación y otras características principales.

La robotización es un proceso que, naturalmente y por definición, incorpora la interacción. En este caso, la interacción humano-máquina-entorno, cuyo análisis pormenorizado ofrece un potencial inconmensurable para el acto proyectual.



*Fig. 71 – RIBB3D, ETH Zurich, 2021-2022. Sustainable ribbed slabs  
with 3D printed formwork.*

*Fuente: Gramazio Kohler Research, ETH Zurich.*



*Fig. 72 – Buga Fiber Pavilion. Achim Menges.  
Fuente: <https://t.ly/Q2rCu>*

Achim Menges, el tercer caso de referencia de este apartado, alinea su trabajo de arquitectura experimental con las categorizaciones propuestas por Daas para lograr lo que este último denomina como una “arquitectura robótica” (Daas, 2018). Desde este punto de vista, el vínculo de Menges con la robotización en la arquitectura resulta más que significativo. Junto a Jan Knippers han sido dos de los grandes pioneros en la exploración y aplicación de la robótica y la fabricación automatizada en la construcción de arquitecturas experimentales. Sus investigaciones se centran en el desarrollo de procesos de diseño y fabricación que integran la robótica, la simulación computacional y los algoritmos de optimización biológica a la ideación y fabricación de -mayormente- pabellones.

Los proyectos de Menges a menudo utilizan materiales naturales, como la madera, y buscan optimizar su uso a través de la fabricación asistida por robots. Esto no solo mejora la eficiencia de los materiales y reduce los residuos, sino que también permite crear formas y estructuras que serían difíciles o imposibles de realizar con métodos tradicionales de construcción, según su propia exposición como *keynote speaker* en el SIGraDi 2023 de Punta del Este<sup>16</sup>. En esta misma presentación, Menges retoma las ideas de Terzidis mencionadas en el capítulo precedente acerca de los conceptos de *computerization* y *computation*, para aplicarlos a la fabricación digital, y la automatización de procesos de producción mediante la robótica. Menges reafirma la noción de *computation* dentro del campo de la llamada “arquitectura robótica” como una evolución necesaria y superadora de los conceptos de la era pre-digital llevados a cabo a partir de la incorporación de una computadora. Esto es, la superación del escalón existente entre la materialización tradicional con la asistencia de lo digital, y la consecución plena de un pensamiento computacional donde lo digital sea parte integral de un modo de pensar, de crear y de materializar en el mundo físico.

Este pensamiento computacional, capaz de lograr una integración mediante procesos ciberfísicos que involucran lo digital como código creador, y lo físico como materia constructora (robots) y como materia construida (proyecto), termina por diluir sus fronteras, haciendo que las taxonomías propuestas por Daas se vuelvan algo complejas de diseccionar. Para Menges, la acción proyectual se trata de un co-diseño de procesos, de métodos, y de sistemas, a partir de un pensamiento computacional. Esta idea de co-diseño no alude a algunos conceptos de corte sociológico en torno a un diseño co-participativo, sino que

---

<sup>16</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=xgoSlps2Xx0&t=6s>  
Fecha de consulta: diciembre 2023

refiere a un reposicionamiento de la ciencia computacional como una metodología integradora e interdisciplinaria, que potencia a su vez la inclusión de la inteligencia artificial en todo el proceso. Esta idea de co-diseño no contrapone lo humano con lo maquínico, ni la inteligencia humana con la IA, sino que por el contrario, promueve una integración en el pensamiento y la acción, con la inteligencia artificial como un actor más en el proceso, en igualdad de condiciones. Detrás de los robots, hay inevitablemente software de control. Cuando este software de control es parte de una inteligencia artificial -la IA es, en definitiva, software- las posibilidades de control ciber físico y de una convergencia físico-digital incrementan notablemente los resultados proyectuales posibles. Esta es la esencia del co-diseño de Menges que, en cierto modo, resume la integración plena de lo vivo y lo no vivo, lo digital y lo físico, lo humano y lo no humano.



*Fig. 73 – Urbach Tower. Achim Menges.*

*Fuente: <https://t.ly/MAG1a>*

#### 4.2.3. Materialidad y bioinspiración: Neri Oxman.

La relación entre la materialidad y la bioinspiración tiene larga data. De hecho, basta con remitirse a la propia historia de la arquitectura para encontrar las raíces mismas de la vinculación entre lo biológico y el diseño. No obstante, a partir del surgimiento de los procesos computacionales en la praxis del proyecto, las nociones de “diseño bioinspirado” y de “diseño biomimético” comienzan a adquirir un mayor espesor conceptual y una consideración disciplinar más relevante.

Ambos conceptos, el de diseño bioinspirado y biomimético son enfoques proyectuales que buscan soluciones a problemas humanos a través de la emulación de procesos, estrategias y elementos encontrados en la naturaleza. Aunque a menudo se usan de manera intercambiable, ambos conceptos tienen algunas diferencias más o menos sutiles. Mientras que el diseño bioinspirado hace referencia al diseño inspirado en la naturaleza, donde los principios biológicos y las estrategias se utilizan como guía o inspiración para desarrollar nuevas tecnologías o diseños, sin implicar necesariamente una imitación directa de la naturaleza sino más bien una adaptación de sus principios a necesidades humanas específicas, el diseño biomimético puede entenderse como un subconjunto más específico del diseño bioinspirado, que se centra en la imitación o la emulación exacta de los mecanismos y estrategias biológicas encontrados en la naturaleza para resolver problemas de diseño en general. El diseño biomimético intenta pues, replicar formas, funciones, procesos y sistemas encontrados en el mundo natural (Torreblanca, 2021).

Aunque la vinculación entre lo bioinspirado y lo biomimético con el avance incremental del poder computacional ha sido abordado por distintos creadores, entre los que se encuentran Knippers, Torreblanca, Naboni o el propio Menges, el epítome de la tendencia sea tal vez el aporte de Neri Oxman. A través de su idea de *material ecology* impulsa un campo epistémico capaz de vincular el acto de pensar/hacer integrando los principios fundamentales de la biología, la computación y la ingeniería de materiales. Esta idea busca pues, trascender las fronteras tradicionales entre el diseño, la ciencia y la tecnología, y poner énfasis en cómo los materiales pueden comportarse de manera más natural y sostenible. O en otros términos, cómo lograr un rendimiento pleno aprovechando la interseccionalidad del conocimiento.

Según ella misma refiere (Oxman, 2020), a lo largo de la historia de la arquitectura, la separación entre forma y materia ("*form and matter*") ha sido una constante, contrariamente a la artesanía, en donde el material y la forma están orgánicamente entrelazados en una tradición de pensar/hacer. En la época moderna, la evolución de la actividad proyectual ha evolucionado apartándose de esta integración, apuntando en su lugar hacia la compartimentación de la creación de formas como un proceso independiente de sus fuentes en el conocimiento del material (Sennett, 2008).

Es esencialmente a partir de Leon Battista Alberti y del Renacimiento, con la proliferación de teorías arquitectónicas y de diseño, que los procesos morfológicos se han constituido en un corpus de conocimiento autónomo, comenzando a dejar de lado lo material. En este sentido, la materialidad se ha convertido, según Oxman, en un parámetro secundario a la forma.

Tal como se ha visto en el marco teórico de esta tesis, la Revolución Industrial, surgida a partir de la máquina de vapor de Newcomen, abre una ventana a la producción basada en la máquina, y dominada por el entonces naciente poder de la automatización industrial. Un poder que, según apunta Morton (2017), desvincula las fuerzas e influencias ambientales del proceso productivo mismo.

Los valores promovidos por los antiguos artesanos, por los movimientos *arts and crafts*, y por los valores pre industriales, fueron dejados de lado en pos de la promoción de una producción en masa. Es el surgimiento del fordismo y el taylorismo, que revolucionaron la producción y multiplicaron el alcance del producto, al caro precio de perder la integración entre la esencia de lo material y los métodos de producción, que continuaron siendo potestad de los artesanos, pero ya en un contexto secundario, lejos de las luces del revolucionario proceso industrial.

Según auguraba Jencks (1984), este nuevo enfoque no orientado a los aspectos materiales del diseño, sumado a la automatización de los procesos, se reforzarían a partir de la inclusión de lo digital en el proceso mismo. Evidentemente, el tiempo le ha dado la razón. Así pues, el otrora lienzo de trabajo o mesa de experimentación se convirtió en un espacio digital. A priori, esto puede presentar el problema del divorcio entre lo digital y su manifestación en la realidad física o la posibilidad concreta de su materialización a partir de las diferentes técnicas constructivas. Es por tal razón que han emergido autores e ideas que reivindican la vuelta a una hibridación de ambas partes del diseño. Gambetta (2020) analiza

este fenómeno, al que Oxman (2007) había denominado “artesanía digital”, y que se puede definir como aquellos procesos en los que el diseño es *informado* por la fabricación, y no solamente *formado* por ésta. Esto es, una búsqueda de retroalimentación de información entre el proyecto y su materialización, concebida digitalmente. Es en torno a esta idea que Oxman plantea la idea de una “ecología material”.

Esta, vendría ser un campo emergente donde se expresan las relaciones informadas entre productos, proyectos, sistemas y sus respectivos entornos (Oxman, 2010). Podría definirse como el estudio y diseño de productos y procesos que integran la generación de formas computacionales consistentes con el medio ambiente y la fabricación digital. Este campo opera pues en la intersección de la biología, la física, la ingeniería de los materiales, y el poder computacional, poniendo un fuerte énfasis en el diseño digital y la fabricación informados por los entornos ambientales.

Recientemente, Oxman (2021) ha propuesto un manifiesto<sup>17</sup> llamado *Nature x Humanity*, donde aboga por una integración entre naturaleza y humanidad a través de la digitalidad: *“In a world where human-made materials are biocompatible, designed products are indistinguishable from naturally grown produce. By placing a multiplicity in the form of an “X” between NATURE and HUMANITY, we call for a radical realignment between grown and built environments, with the hope and conviction that humanity has the power not only to restore, recover, and replenish the natural world but to empower it. We seek to promote the relationship between nature and humanity from consumption on the one hand and preservation on the other, to one that embodies complete synergy, (acknowledging that the interconnected whole is far more than the sum of its parts. Embracing complexity and diversity across systems and scales in design, we open ourselves to advancing beyond mere maintenance (i.e. conservation) towards the betterment (ie augmentation) of nature.”*<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> <https://designmanifestos.org/neri-oxman-nature-x-humanity/>

Fecha de consulta: diciembre 2023

<sup>18</sup> “En un mundo donde los materiales creados por el ser humano son biocompatibles, los productos diseñados son indistinguibles de los productos cultivados naturalmente. Al colocar una multiplicación en forma de una “x” entre la naturaleza y la humanidad, llamamos a un realineamiento radical entre los entornos cultivados y construidos, con la esperanza y la convicción de que la humanidad tiene el poder no solo de restaurar, recuperar y reponer el mundo natural, sino de potenciarlo. Buscamos promover la relación entre naturaleza y humanidad, de un lado el consumo y del otro la preservación, hacia una que encarne una sinergia completa, reconociendo que el todo interconectado es mucho más que la suma de sus partes. Al abrazar la complejidad y la diversidad en sistemas y escalas en el diseño, nos abrimos a avanzar más allá del mero mantenimiento (es decir, la conservación) hacia la mejora (es decir, la ampliación) de la naturaleza.” Traducción del autor.



*Fig. 74 – Silk Pavilion I. Neri Oxman.*

*Fuente: <https://oxman.com>*



*Fig. 75 – Silk Pavilion II. Neri Oxman.*

*Fuente: <https://oxman.com>*

La producción de Oxman a nivel de realización de sus propios proyectos experimentales ilustra su pensamiento y ayuda a comprender la sustancia del mismo. Ejemplo de ello son los proyectos Silk Pavilion I, Silk Pavilion II, y Aguahoja.

El primero de ellos, de 2013, explora la habilidad de los gusanos de seda para tejer un capullo a partir de un hilo. El resultado es un pabellón que se construye a partir del estudio de las relaciones entre la construcción digital y la biológica, proponiendo métodos que unen lo hilado biológicamente (por los gusanos) y lo tejido mecánicamente. En la construcción de este pabellón-capullo trabajaron por igual gusanos de seda y brazos robóticos.

Para el Silk Pavilion II, Oxman toma como premisa cuestionar cuáles son los métodos sostenibles para hilar, tejer, producir y construir en el Antropoceno, a partir de la colaboración entre lo humano y las “especies compañeras”, como las denomina Haraway (2019). En este caso, Oxman emplea nuevamente gusanos de seda para la experimentación en la construcción de objetos proyectuales, resultando en un nuevo pabellón, que opera sobre la base de extraer seda sin hervir los capullos. El Silk Pavilion II forma parte de una muestra encargada por el MoMA, y tiene sus raíces, por supuesto, en su antecesor, fusionando una vez más tecnología y biología. Acaso la diferencia principal radica en su orientación, ya que se trata de una estructura horizontal, con una manipulación cinética mecánica que permite una rotación constante. Esto colabora con el movimiento de hilado de los gusanos, cuyo tejido va variando en función de parámetros ambientales. Los agujeros remanentes, que se producen por la tensión en la estructura, resultan de reacciones químicas entre las excreciones de los gusanos y el hilo subyacente. Esto conforma un conjunto de fuerzas estructurales bioquímicamente generadas, que expresan una huella metabólica de los flujos y movimientos de los gusanos.

El tercer caso, el pabellón Aguahoja, resulta radicalmente diferente a los anteriores. No se trata de una arquitectura experimental en base a gusanos de seda sino a un pabellón realizado en base a polímeros. Según la propia Oxman expresa en su web, se trata de un proyecto: “*Sourced from organic matter, printed by robots, and self-assembled by water*”.<sup>19</sup> Este proyecto apunta hacia la construcción de un futuro posible en el que el ciclo industrial se reconstruye a partir de la utilización de materiales naturales abundantes. Aquí se presenta pues, la posibilidad de tomar temporalmente materiales de ciertos ecosistemas

---

<sup>19</sup> “Proveniente de materia orgánica, impreso por robots y autoensamblado por agua”. Traducción del autor. Fuente: <https://oxman.com/projects/aguahoja> Fecha de consulta: Diciembre 2023.

para integrarlos al diseño humano, y luego habilitar su descomposición natural de nuevo al medio ambiente, para impulsar un nuevo crecimiento. Este uso de la fabricación digital con biopolímeros incentivaría la protección y el fortalecimiento de esos ecosistemas. Así pues, Aguahoja es esencialmente una plataforma robótica para la impresión 3D de biomateriales, en la cual la forma y la composición del material pueden ser informados tanto por propiedades físicas, condiciones ambientales y restricciones de fabricación.

El trabajo de Oxman apunta a construir vectores de aproximación a un futuro posible en el que la relación entre lo humano y lo no humano sea repensada en términos de sustentabilidad y no agresión. Su trabajo busca promover la reinterpretación de las relaciones entre la naturaleza y la humanidad pensando en una sinergia entre consumo y preservación, reconociendo asimismo que el todo interconectado es mucho más que la suma de sus partes. Oxman abraza esta complejidad, y anticipa la idea propuesta por Kuptsova acerca de los “paisajes ciberorgánicos”, que se verá en el siguiente apartado.



*Fig. 76 – Aguahoja Pavilion. Neri Oxman.*

*Fuente: <https://oxman.com>*

#### 4.3. De las redes neuronales a la búsqueda de intereses convergentes.

La academia, que fomenta la creación de ideas, el pensamiento crítico y la innovación en todos sus niveles, conforma un pilar fundamental en el desarrollo del conocimiento y de la sociedad en general. Es precisamente a partir de ella que las grandes comunidades científicas en torno al *architectural computing* y al pensamiento computacional aplicado al diseño tienen su germen. Concretamente, es preciso referir a la eCAADe (*Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe*), ACADIA (*Association for Computer Aided Design in Architecture*), CAADRIA (*Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia*), SIGraDi (Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital), y ASCAAD (*Arab Society for Computer Aided Architectural Design*). Estas cinco organizaciones sin fines de lucro, a las que podría eventualmente sumarse también CaadFutures, nuclean a todas aquellas universidades, facultades de arquitectura, ingeniería, diseño, y centros de investigación en general cuyo foco de interés se encuentre en el desarrollo de lo digital como modo de pensar y de hacer en el campo de lo proyectual. Distribuidas según áreas geográficas, estas sociedades científicas se consideran “hermanas”, pues comparten un espíritu común, al margen de las particularidades y tecnodiversidades que les han dado origen. Sus focos de interés, otrora algo disímiles, han tendido a converger en temáticas e intereses comunes, tal como se aprecia en el gráfico XXX, donde se exponen los temas principales de las conferencias anuales de cada sociedad. A partir de esto, temas de excepcional vigencia como el posthumanismo, el diseño en la era del Antropoceno, los paisajes acelerados del Gran Reinicio, o la aplicación proyectual y el futuro de la inteligencia artificial se posicionan como ejes de pensamiento que atraviesan las sociedades en sí y construyen una red compleja con estas ideas como nodos de convergencia. En los siguientes apartados, se analizarán tres casos de estudio que, por sus características intrínsecas, orientan sus vectores de futuro hacia una convergencia físico-digital que considera asimismo la llegada de una probable singularidad. Es el caso del trabajo de Matías del Campo y Sandra Manninger, que han desarrollado nuevos métodos de diseño para la arquitectura basados en la inteligencia artificial y han trabajado en proyectos como The Robot Garden para Michigan Robotics a partir de redes generativas adversarias (GAN); María Kuptsova, que explora formas sintéticas de inteligencia y estética, creando objetos, sistemas, paisajes e interfaces “cyborgánicos”; y Neil Leach, que ha sido pionero en la inclusión de la inteligencia artificial en la actividad proyectual. Todos ellos han sido, al menos una vez, conferencistas principales o keynotes, de las conferencias anuales de las sociedades mencionadas. Además, todos forman parte de la red global *DigitalFutures*. De este modo, su trabajo resulta de alto valor a la hora de

asimilar el derrame académico de su pensamiento sobre la actividad de los grupos de investigación universitarios, y las formas de enseñar y transmitir a partir de lo digital.

#### 4.3.1. Una ecología post-humana: Matías Del Campo y Sandra Manninger.

Matias del Campo y Sandra Manninger se desempeñan en la intersección entre arquitectura e inteligencia artificial. Fundaron juntos SPAN, un estudio de arquitectura vienés, reconocido precisamente por la innovación en la aplicación tecnológica a las diversas soluciones proyectuales. En términos generales, el enfoque de esta dupla apunta a una combinación de aplicaciones tecnológicas de vanguardia asociadas a planteos de base filosófica, explorando así el marco ontológico y epistemológico detrás del paradigma digital. Esto es algo que además han capitalizado para su trabajo desde la academia. Del Campo<sup>20</sup> es Associate Professor en el Taubman College of Architecture and Urban Planning en la Universidad de Michigan, mientras que Manninger<sup>21</sup> se ha desempeñado también como Associate Professor en la Universidad de Artes Aplicadas, la Bauhaus en Dessau, UPenn, las Universidades de Tongji y Tsinghua, la Universidad de Michigan y el Royal Melbourne Institute of Architecture.

La ecología, entendida como el estudio y análisis de la interacción de los organismos entre sí y con su medio ambiente físico, forma parte del área de estudio de Del Campo y Manninger. Con grandes similitudes a la idea de Morton (2019) de una “ecología sin naturaleza”, estos investigadores promueven la noción de una “ecología post-humana” (Del Campo y Manninger, 2022). Sin embargo, este concepto no se plantea desde una perspectiva post-humanista catastrofista o apologética del fin de la humanidad, sino como un abandono de la idea de la supremacía humana en las artes y el diseño y una plataforma desde la cual otros agentes (o actores) pueden empezar a mezclarse con las ideas humanas sobre proyecto, diseño, e incluso sensibilidad.

El proyecto conocido como *Robot garden* explica mejor esta idea. Básicamente, se trata de una instalación de pruebas para robots, basada en técnicas de transferencia de inputs bidimensionales a tridimensionales, orientados al diseño, realizado en colaboración con Michigan Robotics, que se ha especializado en explorar las creación de robots bípedos. Combinando esta experiencia previa de MT con las técnicas avanzadas de *machine*

---

<sup>20</sup> <https://taubmancollege.umich.edu/faculty/directory/matias-del-campo/>  
Fecha de consulta: diciembre 2023.

<sup>21</sup> <https://www.nyit.edu/bio/smanning>  
Fecha de consulta: diciembre 2023

*learning*, se han dado pasos esenciales hacia adelante en el desarrollo de los robots bípedos, que toman parte en el *robot garden*. El proyecto de SPAN<sup>22</sup> (Del Campo + Manning) consistió en crear un jardín que contuviera un conjunto de diferentes terrenos, desde arena hasta césped, grava y roca. La inclusión de inclinaciones, diferencias de nivel, y escalones eran parte del catálogo de características deseadas para explorar el problema de los "últimos cincuenta pies", que suele ser un desafío común en logística, especialmente en la robótica, donde los últimos pasos de un proceso son a menudo los más complejos y costosos de gestionar. El jardín para robots tiene como fin entrenarlos, y hacer que los mismos aprendan de sus elecciones, interpretando cuál es la mejor solución posible para cumplir una tarea. Cabe decir que es inevitable comparar esta experiencia con el experimento SEEK de Negroponte, comentado en el capítulo 2, donde los obstáculos se le ponían a un ratón. En ambos casos, la experiencia remite a agentes no humanos, pero la diferencia radical en el caso de SPAN, es que ahora el factor humano sirve para entrenar máquinas (robots bípedos) para un comportamiento similar al de los hamsters de Negroponte o, yendo más lejos aún, a los de seres humanos.

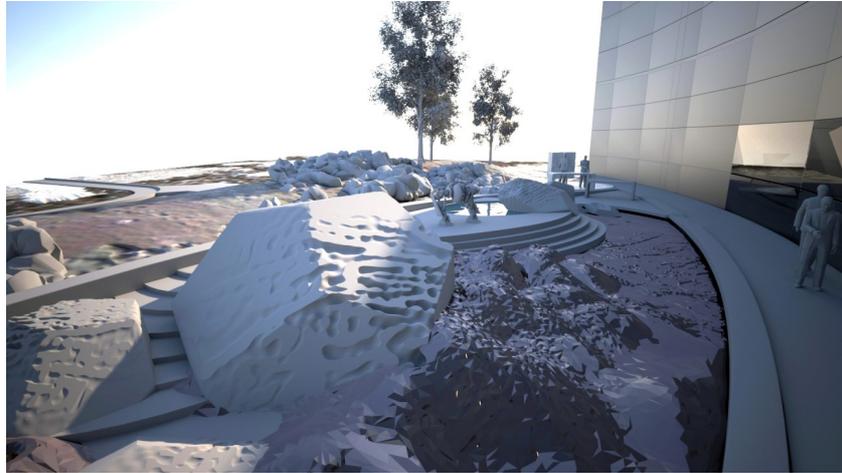
El trabajo realizado para llevar adelante el proyecto *Robot garden* tiene una fuerte base académica, dado que nace en un contexto del desarrollo del doctorado de Alexandra Carlson, orientado por Del Campo y Manning. Junto a ella, lograron crear un método de diseño basado en redes neuronales profundas o *deep learning*. Las redes neuronales profundas han prevalecido en muchos campos durante las últimas dos décadas, incluyendo dos campos actualmente en auge, como la alucinación de imágenes (o *machine hallucinations*), y el procesamiento del lenguaje natural (o *natural language processing*), debido a su increíble precisión en extraer e interpretar patrones de una gran cantidad de inputs y asimismo usar estos patrones para realizar y aprender tareas. Esto es posible, por supuesto, gracias a la acelerada capacidad de procesamiento y cómputo a nivel gráfico, mediante redes generativas adversarias (GAN). Estas redes, surgidas a partir del trabajo de Goodfellow et al (2014), son consideradas como un método de *machine learning* que enfrenta dos redes neuronales entre sí en un juego de suma cero. Esto implica que lo que una red pierde, lo gana la otra. Una de ellas opera como red generativa y la otra como red discriminadora evaluando la calidad del producto generado por la primera red. Al proporcionar un *dataset* de entrenamiento, la red generativa adversaria comienza a generar nuevos datos basados en las estadísticas y patrones del *dataset* proporcionado.

---

<sup>22</sup> <https://span-arch.org>

Fecha de consulta: diciembre 2023

Actualmente, tal como una red neuronal suficientemente entrenada puede generar resultados convincentes a nivel de imagen, Del Campo (2022) apunta que lo mismo puede suceder con planos, secciones y geométrales en general, y prácticamente cualquier imagen vinculada a lo proyectual basada en píxeles. Así pues, el proyecto del *Robot garden* utilizó un *dataset* enorme de imágenes satelitales para informar la distribución de diferentes terrenos en el sitio. La combinación de algoritmos de inteligencia artificial con los parámetros dados para el aspecto proyectual del *Robot garden* representó una oportunidad para explorar una ecología de diseño posthumano, donde el ingenio y las capacidades de procesamiento de datos de las redes neuronales crean algo nuevo, ni completamente controlado por humanos ni diseñado exclusivamente por agentes artificiales, sino en un punto intermedio entre ambos universos de pensamiento. Esta ecología propuesta por SPAN entonces, en línea con la filosofía posthumanista, apunta pues a una simbiosis tecnológica y, en cierto sentido, también a desacralizar los ideales de felicidad y progreso, tradicionalmente visualizados desde una perspectiva antropocéntrica.



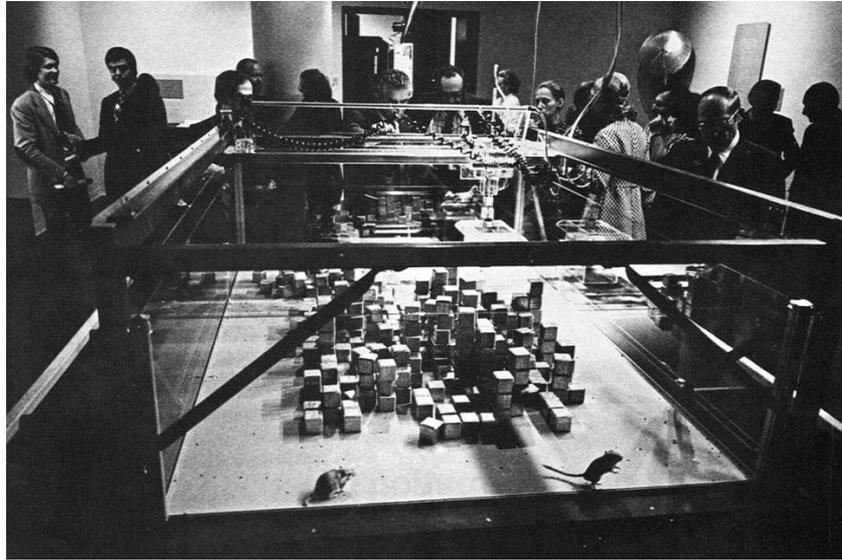
*Fig. 77 – Robot garden. Proyecto de SPAN.*

*Fuente: <https://span-arch.org>*



*Fig. 78 – Robot garden. Proyecto de SPAN.*

*Fuente: <https://span-arch.org>*



*Fig. 79 – Proyecto SEEK, de Negroponte.*

*Fuente: <https://t.ly/uu2tf>*

#### 4.3.2. Los paisajes “cyborgánicos”: Maria Kuptsova.

Kuptsova se ha desempeñado en cargos académicos y de investigación de diversos centros universitarios, particularmente el IAAC de Barcelona, la Bartlett School of Architecture, y la Universidad de Innsbruck, donde trabaja como profesora asociada. Es reconocida por su trabajo en la intersección entre sistemas orgánicos y digitales, explorando formas sintéticas de inteligencia, creando objetos, sistemas, procesos e interfaces que denomina "cyborgánicos". Su investigación de doctorado se ha enfocado en el desarrollo de técnicas de diseño bio-mecánico para dotar de inteligencia biológica a objetos inorgánicos y entornos sintéticos. El abordaje de Kuptsova (2022) sobre la relación de lo humano con lo no humano plantea una evolución sobre la idea romántica del Jardín del Edén hacia lo que ella denomina una forma de vida “cyborgánica”, que interpreta como un *continuum* natural-tecnológico.

Ha sido una de las *Keynote speakers* del último congreso anual de SIGRaDi en 2023, llevado adelante por La FADU/UDELAR, a través del Centro de Integración Digital (CID) y la Licenciatura en Diseño de Paisaje (LDP), del Centro Universitario Regional Este (CURE/Maldonado). En su ponencia, Kuptsova abordó la temática de lo “cyborgánico” aplicado a la construcción de paisajes, planteando una postura que podría tener algunas semejanzas con la idea de “ecología posthumanista” de SPAN, pero deslizando algunas diferencias en la filigrana de interpretación de lo natural y lo artificial. Kuptsova no distingue una membrana entre ambos, definiendo así lo “cyborgánico” como una continuidad circular de agentes humanos, no humanos, algoritmos maquínicos, plantas transgénicas, e incluso virus planetarios como actores sin estructura jerárquica dentro de una realidad híbrida, abriendo así un espectro de potencialidad muy fuerte para la explosión de nuevos métodos proyectuales que toman forma especialmente a través de la biología sintética y la inteligencia artificial. No obstante, sugiere Kuptsova, los aspectos primordiales del diseño contemporáneo siguen estando centrados en los humanos y estructurado por prejuicios humanos. ¿Podría desarrollarse entonces una técnica de diseño que pueda dar forma a una nueva forma de comunicación entre agentes humanos y no humanos, reemplazando el enfoque antropocéntrico con el diseño de sistemas de vida “cyborgánicos”?

Siguiendo la línea filosófica de Haraway (2019), Kuptsova plantea ideas que, tal como se ha visto en el marco teórico, podrían tener varios puntos de tangencia con la obra de la autora del Manifiesto Ciborg, particularmente en aquellos expuestos en su obra más reciente,

“Generar parentesco en el Chthuluceno”, donde ambas coinciden en la convergencia de todos los organismos biológicos, operando con sus propios sesgos y modos de razonamiento, generando estratos del paisaje que codifican y almacenan conocimiento sobre microclimas, composiciones químicas y, por supuesto, interacciones multiespecie.

Kuptsova (2022) analiza los modelos de comportamiento de hongos, bacterias, insectos y animales, entendiéndolos como una forma de inteligencia que actúa dentro de un reino aparentemente “alienígena”<sup>23</sup>. Sostiene que los patrones microscópicos de una planta contienen información sobre los mecanismos inteligentes de fotosíntesis, crecimiento, distribución de agua y alimentos. Aquí es donde entra en juego su aportación desde lo digital, dado que la incorporación de estos principios rectores de un material orgánico en un sistema digital permitiría diseñar una forma de materialidad híbrida que podría albergar inteligencia biológica dentro de una estructura digital convergente.

La inteligencia de un sistema orgánico, que puede decodificarse a partir del *machine learning* mediante la lectura e interpretación de datos y patrones de comportamientos biológicos, tiene la capacidad potencial de incidir en sistemas digitales funcionando bajo su propio algoritmo evolutivo. Así pues, se inicia una suerte de conversación entre sistemas biológicos y sistemas digitales que se enmarca en un metalenguaje, tal como han profetizado Harari (2016) y Sadin (2013). Esta acción podría constituir, de acuerdo a las ideas de Kuptsova, “una forma de inteligencia sintética”. Los modelos biológicos pues, aportarían nuevos sesgos para los modelos digitales. Su estructura sería, por lo tanto, una nueva sintaxis para el diseño de un sistema de vida “cyborgánico” en el cual lo biológico y lo digital se convierten en una relación biunívoca, que se constituye en una parte esencial e inherente al proceso de diseño. Estas ideas se plasman proyectualmente en algunos ejemplos de la obra de Kuptsova, que resulta pertinente comentar.

Uno de estos ejemplos es el proyecto HYPH, que consiste en un jardín de hongos “cyborgánico” realizado en un entorno urbano. De acuerdo a Clément (2008), un jardín se define como “un proceso de transmisión formalizada de mensajes biológicos”. Esto hoy puede lograrse a partir de la codificación algorítmica, como en este proyecto de Kuptsova. Los algoritmos se convierten así en máquinas para que el “jardinero” pueda construir biodiversidad. Entendiendo la estética como una propiedad ecológica intrínseca, HYPH

---

<sup>23</sup> En el sentido original del término: del lat. “alienígena”, y este de aliēnus “ajeno”, “extraño”, “extranjero” y -gēna “que ha nacido”, “originario”. Fuente: Real Academia Española.

explora patrones biológicos y materiales como una forma de lenguaje artístico para realizar objetos escultóricos a través de técnicas de fabricación digital. El proyecto HYPH se propone pues. Modificar los aspectos éticos y estéticos de cierto nivel de producción de alimentos. En lugar de invernaderos y granjas cerradas y fuera de la ciudad, explora escenarios donde frutas específicas del clima crecen en entornos urbanos, creando una nueva estética para los paisajes urbanos.

En este contexto, el micelio, que constituye un recurso más para la subsistencia humana, juega un papel importante en el ecosistema, ya que ayuda a descomponer la materia orgánica, reciclar nutrientes y formar relaciones simbióticas con plantas y otros organismos. Los hongos pueden detectar y responder a cambios en la temperatura, humedad y disponibilidad de nutrientes cambiando sus patrones de crecimiento y comportamiento. También pueden servir como indicadores de la salud ambiental. Debido a que son sensibles a los cambios en la calidad del aire y del agua, pueden ser utilizados para monitorear toxinas u otros contaminantes en paisajes urbanos y “cyborgánicos”.

*“HYPH redefines the relationship between trees and fungi in a new synthetic form. HYPH uses wood chips and mycelium as the basic building materials for art sculptures. The mushroom and wood varieties are selected according to the logic of their relationships in the natural local environment. The bio-programming process helps to extract the organisational principles of the mushroom mycelium and fix them in the form of a spatial topology. Fabrication techniques, such as additive manufacturing, allow the development of adaptive sculpting techniques based on research into material behaviour. Biomaterial based on shavings from wood waste is used for large scale 3d printing, suggesting a new regenerative life cycle of matter from wood in its living state to recycled wood material”<sup>24</sup>. (Kuptsova, 2022).*

---

<sup>24</sup> “HYPH redefine la relación entre árboles y hongos en una nueva forma sintética. HYPH utiliza astillas de madera y micelio como los materiales básicos de construcción para esculturas de arte. Las variedades de hongos y madera se seleccionan según la lógica de sus relaciones en el entorno local natural. El proceso de bio-programación ayuda a extraer los principios organizativos del micelio de hongo y fijarlos en forma de una topología espacial. Técnicas de fabricación digital aditiva, como la impresión 3D, permiten el desarrollo de técnicas de escultura adaptativas basadas en la investigación del comportamiento de los materiales. El biomaterial basado en virutas de residuos de madera se utiliza para la impresión 3D a gran escala, sugiriendo un nuevo ciclo de vida regenerativo de la materia desde la madera en su estado vivo hasta el material de madera reciclado”. Traducción del autor.

Fuente: <https://mariakuptsova.com/> Fecha de consulta: abril 2024.



*Fig. 80 – Proyecto HYPH, 2021. Maria Kuptsova.*

*Fuente: <http://mariakuptsova.com>*

Otro caso interesante es la instalación sonora “Pine 2.0”, realizada en 2022, explora las posibilidades acústicas del paisaje “cyborgánico”, mediante sistemas multiagente híbridos, compuestos tanto por agentes artificiales como biológicos, creando así composiciones sonoras algorítmicas. Esta instalación tiene como punto de partida la capacidad del tejido vivo de generar potenciales bioeléctricos, que están, asimismo, involucrados en la regulación de procesos celulares y también son responsables de la transferencia de información desde varios órganos y tejidos de organismos vivos. Este mecanismo permite que un agente biológico pueda devolver una respuesta ante un estímulo externo, generando así impulsos bioeléctricos. El estudio de estos fenómenos bioeléctricos permite una mejor comprensión de los procesos que ocurren en sistemas biológicos a niveles micro y macro. Partiendo de esta premisa, la instalación mide el gradiente de potencial bioeléctrico colocando electrodos en la superficie de las plantas, y transmitiendo así esta información a un medio digital para su procesamiento computacional. A partir de este análisis, se determina un código de sonido ciborg que depende directamente del agente biológico. Luego, entendiendo el comportamiento de un ecosistema como una estructura capaz de transmitir información entre sus partes e influirse entre sí, se puede analizar los potenciales bioeléctricos y transmitir sus cambios. El uso de este sistema híbrido, junto con los enfoques que se están desarrollando dentro de la música algorítmica, hacen posible organizar el sonido resultante en una composición musical multicanal.

El tercer caso a referir es la escultura “cyborgánica” conocida como Arbor, desarrollada por Kuptsova en 2023 en el Laboratorio de Paisajes Sintéticos de la Universidad de Innsbruck. Se trata de un sistema impreso en 3D de alta resolución diseñado tanto por inteligencias artificiales y humanas. Este trabajo expone una técnica basada en *machine learning* que se contextualiza en una nueva forma de articulación material y formal con el objetivo de impartir inteligencia biológica en objetos inorgánicos y entornos sintéticos.

El objetivo del proyecto es leer la inteligencia de una estructura de madera mediante algoritmos de aprendizaje automático, y de este modo repensar el ciclo de vida de la madera, proponiendo un sistema bio artificial que esta, en un sentido cibernético, vivo. Para estudiar la organización material de la madera, Arbor utiliza un gran *dataset* con las características botánicas de diferentes especies de madera desarrolladas por el proyecto ArchiWood<sup>25</sup>.

---

<sup>25</sup> Los *datasets* del Proyecto ArchiWood pueden consultarse libremente en: <https://archiwood.cirad.fr>  
Fecha de consulta: Diciembre 2023.



*Fig. 81 – Proyecto Pine 2.0, 2022. María Kuptsova.  
Fuente: <http://mariakuptsova.com>*

Este *dataset* se analiza con diferentes técnicas de contraste para evaluar las propiedades anisotrópicas que son cruciales de la estructura de la madera, representando una fuerte interacción constante y recíproca con el entorno. Estas cualidades, generalmente consideradas efectos secundarios negativos, pueden ser repensadas y reutilizadas en el diseño de sistemas de vida artificiales que pueden desarrollar capacidades funcionales a través de tal interacción con su entorno.

El proyecto Arbor propone el uso de redes generativas adversarias (GAN) como método para extraer principios de organización material de una base de datos existente de estructuras de madera con el fin de desarrollar modelos volumétricos. La principal ventaja de las GAN, tal como se ha comentado en el caso del *Robot Garden* de Del Campo y Manninger, es su capacidad para generar nuevas imágenes basadas en datos dados, permitiendo que tales redes interpolen entre pares seleccionados de imágenes generando pasos intermedios. Para esta investigación, Kuptsova eligió la red generativa adversaria StyleGAN, que es la más empleada y acaso también más estudiada en el campo proyectual y en el diseño.

Las tecnologías de fabricación digital aditiva (impresión 3D) permiten el desarrollo de métodos de fabricación adaptativos informados por la investigación del comportamiento del material, como en este caso. Aquí, se empleó filamento a base de madera como material de impresión 3D, creando así un nuevo ciclo de vida regenerativo, desde la madera en estado vivo hasta su estado reciclado, construyendo así un fragmento más de la red conceptual que vincula lo digital con lo físico, particularmente lo biológico, que es la base de lo que Kuptsova denomina “paisaje cyborgánico”.



*Fig. 82 – Proyecto Arbor, 2021. María Kuptsova.*

*Fuente: <http://mariakuptsova.com>*

#### 4.3.3. Neil Leach y la alucinación de imágenes mediante inteligencia artificial.

La alucinación de imágenes o “*machine hallucinations*”, tal como lo han denominado Del Campo (2022), Manovich (2020) o Leach (2022), consiste en la idea de que las máquinas, específicamente aquellas equipadas con algoritmos de *Deep learning* y otras formas de IA, pueden "alucinar" o generar imágenes, basadas en estructuras o patrones que no están basados directamente en la realidad, sino que son el resultado de la interpretación y reconfiguración de un *dataset* previamente brindado a la máquina. Esta noción se extiende a cómo las máquinas pueden "ver" o "interpretar" el mundo de maneras que difieren significativamente de la percepción humana, tal como se ha visto en el capítulo previo de esta tesis. En el ámbito proyectual, esto implica la potencialidad de las inteligencias artificiales para generar diseños basados en la interpretación de datos y patrones por parte de la IA, en lugar de seguir los métodos de diseño tradicionales. Estas serían pues, las “alucinaciones” de las máquinas, que serían capaces de desafiar todo convencionalismo.

Neil Leach (2023) es uno de los grandes promotores de esta idea, siendo además el primer autor en estudiar en profundidad las relaciones entre la inteligencia artificial con la arquitectura, desde un punto de vista teórico e historiográfico. Su trabajo y su aporte conceptual tienen, no obstante, base en autores anteriores. Su principal referente es la figura de Geoffrey Hinton (1999), uno de los creadores de las redes neuronales y los algoritmos de *Deep learning*. El trabajo de Hinton ha tenido un impacto significativo en la forma en que las computadoras pueden aprender a reconocer patrones y tomar decisiones basadas en grandes *datasets*. El aporte original de Leach es, sin dudas, tributario de Hinton, y conforma en buena medida el bagaje teórico más sólido de la actualidad a la hora de relacionar la actividad proyectual con la inteligencia artificial.

Según Leach, el ser humano es capaz de percibir activamente el mundo circundante, utilizando su experiencia previa para construir expectativas acerca de la información sensorial que espera encontrar, antes de que la misma aparezca. Es a partir de esta idea que surge la teoría de la percepción activa, según la cual el cerebro humano construye permanentemente predicciones que ayudan a la eficiencia al momento de interactuar con el entorno. Una vez construidas estas predicciones en la mente, son luego comparadas con la información sensorial captada. Si existiesen diferencias o discrepancias, se generan errores

de predicción que, retroalimentando el sistema, permiten una mejor prefiguración de predicciones, ajustándolas paulatinamente más a la realidad del entorno.<sup>26</sup>

Seth (2021) sostiene que el cerebro está encerrado en una especie de bóveda ósea del cráneo, sin luz ni sonido. El cerebro humano, por tanto, intenta su llevar adelante su mejor predicción sobre lo que hay afuera, tratando de dar sentido a un bombardeo constante de señales eléctricas que solo están indirectamente relacionadas con cosas ahí fuera en el mundo. Por lo tanto, la percepción es altamente subjetiva. Esto determina paralelos innegables entre la percepción humana a través de la teoría de Seth y la utilización de redes neuronales. De hecho, es el propio Seth quien denomina a estas predicciones como “alucinaciones”. La similitud parece bastante clara entre las alucinaciones controladas de la mente y las alucinaciones controladas de una red generativa adversaria (GAN). Después de todo, tal como ya se ha comentado, una GAN se basa en una competencia entre una red neuronal que genera imágenes -una red generadora- y otra red discriminadora, que las juzga contra un *dataset* objetivo.

En la red neuronal, existe también un proceso de retro propagación, que equivaldría a la corrección de predicciones que hace el cerebro humano. Esto es lo que puede entenderse como una forma de aprendizaje. El propio Hinton especula que el cerebro mismo realiza también una forma de retro propagación (Kelleher, 2019). Las alucinaciones controladas de la mente y las alucinaciones maquínicas de las redes neuronales, de acuerdo a esta teoría, no serían, de hecho, tan diferentes (Penrose, 2006).

Sin embargo, Leach hace algunas precisiones. El sesgo o *bias*, es decir, la orientación que sostiene las retroalimentaciones o retro propagaciones tanto del cerebro como de la máquina, terminan influyendo radicalmente en el resultado obtenido. Así pues, las alucinaciones humanas y las alucinaciones maquínicas comienzan a diferir. Mientras que la máquina puede ser entrenada para tener uno o más sesgos particulares, la mente humana funciona de modo más complejo, sujeta a otros parámetros: ambientales, sociales, culturales, formativos, etc. Entonces, ¿sería posible para un cerebro humano alucinar diseños arquitectónicos basados únicamente en la formación técnica, al igual que una red neuronal? La respuesta es no. Pero los sesgos profesionales sí estarán presentes.

---

<sup>26</sup> Citado en: <https://www.cienciacognitiva.org/?p=2296>  
Fecha de consulta: noviembre 2023

Leach describe este proceso como “arquitecturalización” (Leach, 2023). Eso es, la tendencia humana del arquitecto a “arquitecturalizar” el mundo y leerlo en términos profesionalmente conocidos. O, en otras palabras, en términos arquitectónicos. Esto es, acaso, lo que permite generar la inspiración del cerebro humano en elementos no arquitectónicos, lo cual es la base de la bio inspiración o de las distintas formas de mimesis o emulación de morfologías originalmente no arquitectónicas. En este sentido, Leach apunta que la mirada del arquitecto no es inocente. Los arquitectos ven el mundo no como es, sino como han sido entrenados para verlo, y recrean esa visión en sus diseños. Este es su sesgo, su *bias*, su condicionamiento. De camino a la construcción del escenario de una probable singularidad, es esperable que los sesgos de las IA alcancen un nivel tal que puedan generarse a sí mismos, expandirse y re-crearse, de modo de emular y eventualmente superar las capacidades humanas en este campo del diseño. El *machine learning* y el aprendizaje humano son por ahora bastante diferentes, tanto como una IA y una inteligencia humana. Sin proyectar atributos humanos sobre las máquinas, dado que estas -al menos por ahora- continúan sin tejer una noción de consciencia, es menester dejar en claro que las alucinaciones maquínicas y las alucinaciones humanas son diferentes, pero ciertamente, muy complementarias y simbióticas en el momento de proyectar y de generar insumos para pensar, entender y materializar una idea.



*Fig. 83 – Punta del Este, por MidJourney, serie 1. 2023. Prompts por Neil Leach.  
Fuente: IG @neilleach14*



*Fig. 84 – Punta del Este, por MidJourney, serie 2. 2023. Prompts por Neil Leach.  
Fuente: IG @neilleach14*



*Fig. 85 – Punta del Este, por MidJourney, serie 3. 2023. Prompts por Neil Leach.  
Fuente: IG @neilleach14*



*Fig. 86 – Punta del Este, por MidJourney, serie 4. 2023. Prompts por Neil Leach.  
Fuente: IG @neilleach14*



*Fig. 87 – Punta del Este, por MidJourney, serie 5. 2023. Prompts por Neil Leach.  
Fuente: IG @neilleach14*



*Fig. 88 – Punta del Este, por MidJourney, serie 6. 2023. Prompts por Neil Leach.  
Fuente: IG @neilleach14*



*Fig. 89 – Arenas de Punta del Este, sesgo Zaha Hadid, por MidJourney, serie 7. 2023. Prompts por Neil Leach.  
Fuente: IG @neilleach14*



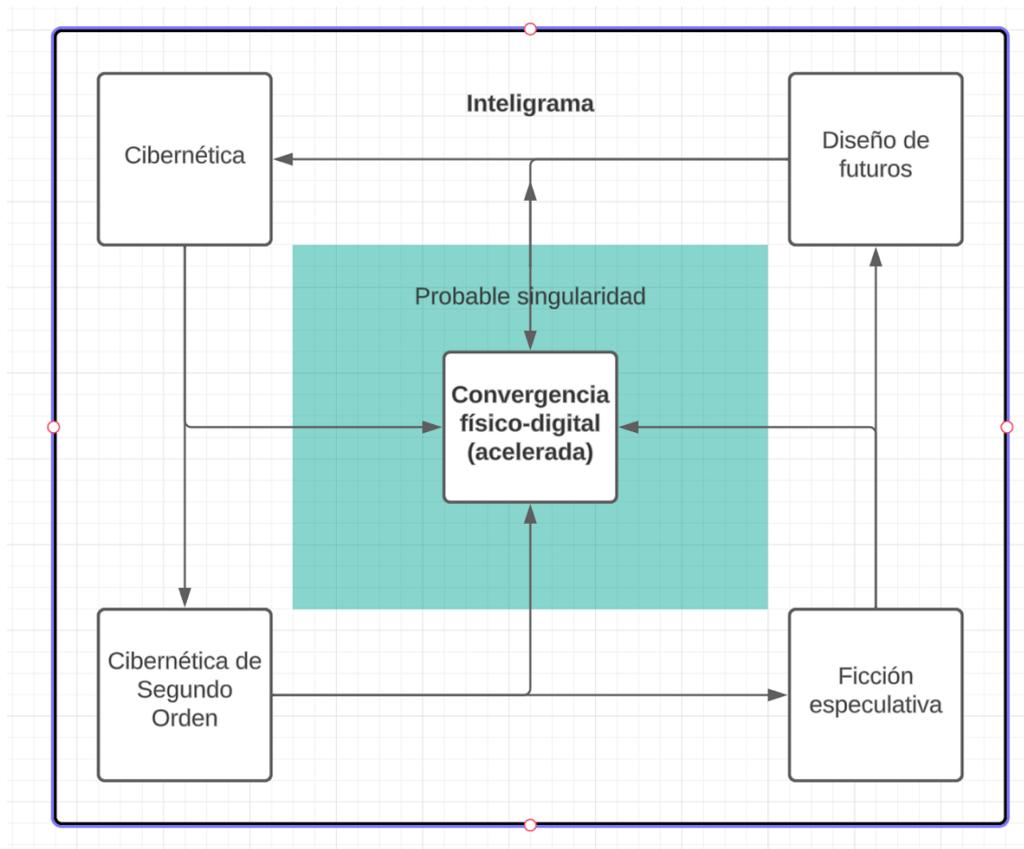
*Fig. 90 – Arenas de Punta del Este, sesgo Zaha Hadid, por MidJourney, serie 8. 2023. Prompts por Neil Leach.  
Fuente: IG @neilleach14*

## 5. Hacia una convergencia físico-digital. De los escenarios actuales a la hiperstición acelerada.

*“One day the artificial intelligences are going to look back on us the same way we look at fossil skeletons on the plains of Africa. An upright ape living in dust with crude language and tools, all set for extinction”.<sup>1</sup>*

Nathan. Personaje de la película *“Ex Machina”*, de Alex Garland.

Este capítulo discute la evolución desde la cibernética tradicional hacia prácticas proyectuales innovadoras que incorporan inteligencia artificial, destacando el desarrollo de sistemas que pueden auto-mejorarse y operar con una autonomía creciente. Examina el impacto de las inteligencias artificiales avanzadas en la creación de entornos digitales y físicos complejos, proponiendo un futuro donde la fabricación de mundos es posible mediante tecnologías que trascienden las actuales capacidades humanas, redefiniendo el proceso de diseño arquitectónico hacia una integración más estrecha de lo digital y lo físico, alcanzando una convergencia plena.



<sup>1</sup> “Un día las inteligencias artificiales nos mirarán como nosotros miramos a los esqueletos fósiles de las llanuras de África: un simio erguido que vive en el polvo con un lenguaje y herramientas toscas, listo para la extinción.” Traducción del autor.

## **5.1. De la cibernética de primer orden a una probable emancipación proyectual**

### 5.1.1. De la cibernética a las interacciones entre el pensamiento y la tecnología.

Tal como se ha referido en el capítulo dos, la llamada cibernética a secas o “cibernética de primer orden” fue la fase inicial y fundamental del campo de la cibernética, centrada en el estudio de sistemas, mecanismos de control y comunicación, tanto en humanos, como en no humanos y máquinas. En tanto ciencia del control, fue establecida en la década de los cuarenta, especialmente por el prominente Wiener, usualmente considerado como el “padre de la cibernética”. Esta cibernética de primer orden se enfoca en cómo los sistemas utilizan la retroalimentación para mantener la estabilidad o alcanzar un objetivo determinado. La retroalimentación es el proceso por el cual un sistema se regula ajustando sus acciones en respuesta a los cambios en su entorno o en su propio estado. El sistema realiza entonces un estudio pormenorizado de la conexión de sus componentes entre sí, y de cómo el control se ejerce dentro del mismo, así como también entre sistemas y sus entornos. Esto incluye, por supuesto, el estudio de cómo la información es transmitida y procesada para lograr la regulación y el control del sistema. Las aplicaciones de esta cibernética han incluido un extenso espectro de campos, desde la biología a la psicología, con un énfasis importante en las áreas de desarrollo de la teoría de sistemas, la automatización de sistemas de producción, de representación y de creación, entre los que se encuentra la generación proyectual.

La cibernética de segundo orden vendría a ser una evolución del campo epistémico de la cibernética, tal como se ha descrito. Mientras que la cibernética tradicional (de primer orden) se centra en sistemas observados desde fuera, la cibernética de segundo orden pone su foco en la observación y descripción de sistemas donde el observador es parte integral del sistema.

Esta gran diferencia implica reconocer que, en cualquier sistema de observación o conocimiento, el observador no es neutral, sino que influye y es influido por el sistema que observa. Esto lleva a una comprensión más profunda de conceptos como la auto-organización, conciencia, y autonomía, y de este modo, al estudio de cómo los sistemas -incluido el ser humano- se observan, se interpretan e interactúan entre sí,

entendiendo la parte observadora y la parte observada como parte de un sistema integral.

A partir de los principios de la cibernética de segundo orden se pueden concebir sistemas que son auto-referenciales y, en cierto sentido, “conscientes” de su esencia, lo que implica un nivel de complejidad y reflexión mucho más profundo sobre cómo los sistemas se entienden y se modifican a sí mismos. La integración de lo digital en el acto proyectual establece un marco de acción apropiado para la cibernética de segundo orden, que propende asimismo a una transformación de la acción proyectual, mediante la incidencia mutua entre el controlador y el objeto controlado. En este caso, el proyectista y el proyecto de arquitectura. La cibernética de segundo orden, en un entorno de convergencia físico-digital, ofrece pues un marco idóneo para la exploración del proyecto arquitectónico. Al centrarse en la interacción, la percepción y la participación del observador (o usuario) dentro del proyecto, esta aproximación influye significativamente en cómo se conciben, diseñan y utilizan los espacios. En cierto sentido, esto refiere a lo que Leach (2024) define como el camino hacia una “arquitectura interactiva”, si se involucra la cibernética de segundo orden con las herramientas de inteligencia artificial en la creación proyectual. Por ende, resulta pertinente establecer un escenario probable para la construcción de lazos entre ambos conceptos y ambas prácticas.

El artículo de Pask (1969), *The architectural relevance of cybernetics* es ampliamente citado por todos aquellos autores que se han involucrado en el estudio de las relaciones entre cibernética y arquitectura desde los tiempos de Wiener hasta la actualidad. Frazer (2024), en entrevista con Leach, se expresa en estos términos “...architectural thinking in the sixties was preoccupied with issues of flexibility, impermanence, prefabrication, computers, robotics, and a global approach to energy, resources and culture. The implied systems thinking in architecture inevitably came to embrace cybernetics and cybernetics in architecture inevitably came to embrace Gordon Pask”<sup>2</sup>. Pask comprendió muy rápidamente la idea de la arquitectura entendida como sistema, y en esta visión entendió que hacía falta una teoría al respecto. La cibernética, para Pask, y más tarde para Frazer y otros autores, vino a

---

<sup>2</sup> “El pensamiento arquitectónico en los sesentas estaba preocupado por temas de flexibilidad, impermanencia, prefabricación, computadoras, robótica y un enfoque global para la energía, los recursos y la cultura. El pensamiento de sistemas implicados en la arquitectura inevitablemente llegó a abrazar la cibernética y la cibernética en arquitectura inevitablemente llegó a abrazar a Gordon Pask”. Traducción del autor.

llenar ese hueco teórico que se había entrevisto. La cibernética fue, pues, el elemento faltante, aunque según Frazer, no llegó a constituir enteramente una nueva teoría. En este sentido, Pask contribuyó a este debate, pero no habría dado lugar a ninguna teoría nueva de sistemas. Esta crítica de Frazer anida en el aserto de Pask sobre el Parc Güell, definiéndolo como “interactivo”, en su texto icónico de 1969. Si bien esta afirmación puede ser justificada en términos cibernéticos, este criterio podría aplicar a casi toda la arquitectura, en el sentido de que, desde un punto de vista cibernético, siempre hay una interacción entre el observador y el espacio arquitectónico observado. Ante este escenario, cabría interpelar a la cibernética de segundo orden como una teoría general puesto que deja algunos huecos por llenar. No obstante, en la actualidad, y a la luz de la emergencia de las inteligencias artificiales, la interpretación de la cibernética de segundo orden adquiere un nuevo espesor epistémico. La observación y descripción de sistemas donde el observador es parte integral del sistema mismo, comienza a admitir la inclusión de *datasets*, sesgos y *LoRas*, como componentes del sistema, que mediante su acción, intervienen modificándose y modificando el sistema en sí. Esta retroalimentación o reconfiguración sistémica amenaza el rol de lo humano (Tatulyan, 2023). Si la inteligencia artificial convierte al pensamiento en un residuo; si la automatización convierte al trabajo en un residuo, si la instantaneidad convierte al tiempo en un residuo, si la realidad virtual convierte a la realidad tangible en un residuo, entonces lo humano corre riesgo de convertirse también en un residuo. ¿Cómo se controla un sistema de generación proyectual, en el cual el factor humano pierde control? ¿Es lícito asumir la posibilidad de una emancipación de lo proyectual, escapando del control humano del sistema?

### 5.1.2. Del origen de la inteligencia artificial al *Deep Learning 3.0*.

Tal y como se ha comentado hasta aquí, hablar de inteligencia artificial es hablar de *machine learning*, es decir, de cómo las máquinas aprenden a hacer cosas. Desde los albores mismos de la computación, la idea de máquinas capaces de emular procesos cognitivos humanos ha cautivado tanto a científicos como a artistas. Con la concepción del Perceptrón por parte de Rosenblatt en 1958, se ha desarrollado el fundamento principal que hoy se conoce como aprendizaje automático y, por extensión, la génesis de la inteligencia artificial moderna, tomando como inspiración el funcionamiento de las neuronas en el cerebro humano.

Un perceptrón es, básicamente, un modelo matemático que simula el comportamiento de una neurona biológica. Está diseñado para recibir múltiples entradas (como señales sensoriales), procesarlas y producir una salida única. La salida del perceptrón se calcula sumando las entradas multiplicadas por sus respectivos pesos (valores numéricos que representan la importancia de cada entrada), añadiendo un sesgo (que ajusta la facilidad con que el perceptrón se activa) y aplicando una función de activación que determina si se debe producir una señal de salida o no.

El perceptrón se entrena ajustando los pesos y el sesgo basándose en los errores de las predicciones realizadas, con el objetivo de minimizar estos errores. Aunque inicialmente fue concebido como un modelo para el aprendizaje automático, el perceptrón tiene limitaciones, como su incapacidad para resolver problemas que no son linealmente separables (como el problema del XOR<sup>3</sup>). A pesar de estas limitaciones, el perceptrón sentó las bases para el desarrollo de redes neuronales más complejas y capas de perceptrones, conocidas como perceptrones multicapa, que pueden abordar problemas de clasificación y regresión mucho más complejos. Estas redes utilizan capas intermedias (ocultas) y funciones de activación no lineales para aprender representaciones más profundas y abstractas de los datos, lo que les permite realizar tareas de aprendizaje automático con un alto grado de sofisticación y precisión.

La mayoría de las inteligencias artificiales surgidas a partir de este paradigma en la etapa reciente, es decir, desde 2016 hasta la fecha, han sido de propósito particular. Esto es, para generar un conjunto de resultados con una finalidad específica: generar caras humanas, generar imágenes de animales, vehículos, edificios, etc. Sin embargo, desde la aparición de los modelos generales como *StableDifussion*, las inteligencias artificiales comienzan a tornarse tecnologías de propósito general. O en otras palabras, comienzan a ser capaces de generarlo todo. En apenas siete años, se ha avanzado desde inteligencias artificiales de propósito particular a las inteligencias artificiales *multitasking* actuales, surcando un camino que evolucionó por Dall-E, Dall-E2, MidJourney, etc. Este trayecto evolutivo implicó el pasaje del *deep learning 1.0*, o aprendizaje supervisado al *deep learning 2.0*, o también referido como aprendizaje auto-supervisado, haciendo alusión al carácter emancipador de la supervisión ejercida, con tendencia a una independencia funcional. La diferencia sustantiva estriba en el

---

<sup>3</sup> El problema del XOR es un problema no-lineal que una neurona (MCP) no puede resolver.

hecho de que ya no se requiere del factor humano para la clasificación y etiquetado de datos, sino que esta engorrosa tarea queda en manos del propio poder computacional. Este formato de aprendizaje auto supervisado permite superar el cuello de botella que obturaba el avance de la inteligencia artificial. Al no depender de etiquetadores humanos, la mayor traba -la lentitud del factor humano- se desarticula, abriendo así el camino hacia inteligencias artificiales mucho más potentes, más generales, y capaces de cubrir un rango cada vez mayor de tareas. A esto se lo conoce como modelos fundacionales.

En este punto, corresponde presentar el escenario más disruptivo de la actualidad: el entrenamiento de una inteligencia artificial de carácter general con datos no reales, es decir, con datos surgidos no de una realidad tangible sino datos previamente generados. Es lo que se conoce como “inteligencia artificial generativa”, y consiste en el entrenamiento de un modelo con otros modelos previos. *A priori*, esto no parecería ser una visión superadora. No obstante, a partir de la relación cibernética de segundo orden establecida entre el factor humano, los *datasets* primarios, y el resultado del entrenamiento de la inteligencia artificial generativa con los productos obtenidos a partir de esos *datasets*, se da una clasificación y un etiquetado humano que sí constituye el factor superador de este tipo de tecnología. Esta contribución refina y mejora los resultados, aplicando a los mismos un diferencial enorme: el criterio y el sentido crítico determinado por el factor humano. Por ende, entre más datos sean procesados, más datos serán filtrados y refinados, construyendo así un ciclo virtuoso. Por ahora más en términos teóricos que prácticos, este ciclo virtuoso admite la multimodalidad, es decir, la posibilidad de un entrenamiento simultáneo en diferentes *datasets*, incorporando así nociones complejas y mucho más acabadas y cohesivas del mundo real. Este es el epítome del *deep learning 2.0*.

Dicho esto, hay que plantear un escenario prospectivo, que es el del entrenamiento de una inteligencia artificial sin datos. A esto se lo denominará *deep learning 3.0* o bien, *reinforcement learning*. En este paradigma, la red neuronal no aprende a partir de datos etiquetados por humanos o procesados por otras inteligencias artificiales. Lo hace desde cero. Uno de los ejemplos más ilustrativos es tal vez el proyecto AlphaZero<sup>4</sup>, que logró desarrollar un nivel de imbatibilidad de ajedrez en menos de

---

<sup>4</sup> <https://deepmind.google/discover/blog/alphazero-shedding-new-light-on-chess-shogi-and-go/>  
Fecha de consulta: febrero 2024.

veinticuatro horas. Si en el modelo del *deep learning 2.0* la estrategia era la de entrenar a los modelos fundacionales con millones de datos etiquetados, en el *deep learning 3.0* el panorama cambia un poco. Aquí el funcionamiento es de corte exploratorio, sobre la base de un amplio espectro de posibilidades, definiendo nuevos patrones y, ciertamente, expandiendo los límites previos del conocimiento.

Este aprendizaje por ensayo y error tiene la desventaja de ser costoso, pero al mismo tiempo ofrece la posibilidad de manejarse dentro de simulaciones. Así, el entrenamiento de robots, de autómatas, y de automatizaciones productivas para el diseño se plantean como escenarios digitalmente simulados de los cuales obtener en el mundo físico solamente las iteraciones buscadas, fraguando así una versión optimizada de la convergencia físico-digital.

### 5.1.3. Del *reinforcement learning* a la supercognición proyectual.

Resulta oportuno en este punto referir al tiempo actual como un estadio del capitalismo de la vigilancia, por parafrasear a Fischer (2016) o a Zuboff (2020). Así como la primera revolución industrial revolucionó el modo de producción y el fordismo revolucionó la cuantificación productiva, la era actual de la cuarta revolución industrial, revolucionó los procesos extractivos. Tal como refiere Tatulyan (2023), la digitalización del poder permitió llevar a su apoteosis la idea foucaultiana de “vigilar sin ser visto”. En este caso, a partir de la utilización de sistemas *invisibles* como lo son las inteligencias artificiales. Cuando la complejidad de lo humano se transforma en datos, los datos se conectan automáticamente para construir información organizada, y esta se analiza en busca de patrones y relaciones internas y externas, se construye pues, una supercognición. Lo humano deja de ser tal para pasar a ser data, a ser insumo, a ser alimento de redes neurales, y por consiguiente, a ser parte de un elemento *soft*. No exactamente a ser software, pero sí a converger como entidad a un tiempo biológica, física, y digital. Una entidad que puede ser dividida, cuantificada, examinada, y analizada por fragmentos, pero que conforma parte del todo. Esta integración desobtura el escenario de la supercognición.

Esta supercognición por la convergencia de lo físico con lo digital, apoyada en el uso de la inteligencia artificial introduce una revolución en la concepción, planificación y

ejecución de lo proyectual. Este escenario, influenciado por el capitalismo de la vigilancia, transforma profundamente no solo la gestión y análisis de datos, sino también la esencia misma de la creación arquitectónica y de diseño. La digitalización del poder, a través de la omnipresencia de la IA, permite una sinergia entre lo físico y lo digital, redefiniendo las prácticas proyectuales hacia horizontes hasta ahora inimaginables.

En este contexto, el proyecto emerge como campo fértil para la aplicación de sistemas de supercognición. La capacidad de estas inteligencias artificiales para procesar, analizar y aprender de vastas cantidades de datos en tiempo real posibilita una aproximación sin precedentes a la customización masiva, la eficiencia energética y la sostenibilidad. Los proyectos no solo responden a las necesidades humanas inmediatas sino que también anticipan futuras demandas, adaptándose a los cambios ambientales, sociales y económicos con una flexibilidad y precisión antes inalcanzables. Mediante algoritmos de *deep learning 3.0*, la supercognición puede generar opciones de diseño que optimizan todos los parámetros de lo proyectual, en función de criterios preestablecidos. Esto no solo acelera el proceso de diseño sino que también asegura soluciones tecnológicamente innovadoras y energéticamente eficientes. La capacidad para simular comportamientos complejos en entornos virtuales permitirá prever el rendimiento de los proyectos frente a variadas condiciones, mejorando así la resiliencia y su adaptabilidad en su versión física.

Asimismo, la convergencia físico-digital abre nuevas vías para la interacción entre los espacios y sus usuarios. La arquitectura puede volverse dinámica, adaptándose en tiempo real a las necesidades y preferencias de sus ocupantes, gracias al análisis continuo de datos recogidos por sensores y procesados por IA. La supercognición habilita así una gestión mucho más eficaz de los recursos, minimizando el desperdicio y optimizando el consumo energético. El proyecto puede ajustarse para maximizar el aprovechamiento de recursos naturales, pudiendo eventualmente contribuir también a reducir su incidencia en el cambio climático, constituyéndose así como una evocación del sueño *greenpunk*.

La integración de la supercognición por IA en el proyecto no solo redefine los métodos y procesos proyectuales sino que también promueve una nueva ética, centrada en la adaptabilidad, la sostenibilidad y la interacción armónica entre lo humano y su entorno,

tanto digital como físico. Este avance representa una evolución hacia entidades de diseño que, aunque alimentadas por datos y analizadas por partes, en su conjunto, reflejan la complejidad y riqueza del contexto en el que se insertan.

## 5.2. De las filosofías post-humanistas a una probable singularidad.

### 5.2.1. De la visión humano-céntrica al post-humanismo.

La evolución desde una visión humano-céntrica a las variantes actuales del post-humanismo marca un tránsito paradigmático entre la comprensión de la existencia de la humanidad como especie y la idea de superación de lo humano como fin, impulsada por el desarrollo tecnológico y el cuestionamiento filosófico contemporáneo. La era moderna, caracterizada por un enfoque antropocéntrico, situaba al ser humano como medida y centro de todas las cosas. Esta visión centrada en lo humano ha dominado prácticamente toda interpretación acerca de la ética, la política, la cultura y, especialmente, la tecnología. No obstante, la emergencia del posthumanismo desafía esta centralidad, proponiendo un entendimiento más integrador y distribuido de la agencia, la inteligencia y la vida. Tatulyan (2023) sostiene que: *“el hombre, liberado de su integridad analógica, se convierte en un cúmulo de información, libre de ser utilizado con múltiples propósitos, zippeado y sometido a un único código para facilitar la transferencia y circulación de datos”*.

Tal como se ha visto en el capítulo de estado del arte, el posthumanismo, en sus diversas manifestaciones, rechaza la dicotomía tradicional entre sujeto y objeto, entre la consideración de lo humano y de lo no humano, y las nociones de natural y artificial. Autores como Donna Haraway (2020) en su obra *“A cyborg manifesto”*, Rosi Braidotti (2015) en *“The Posthuman”*, o Katherine Hayles (1999) en *“How We Became Posthuman”*, han sido fundamentales para articular una visión del mundo donde la tecnología no solo extiende las capacidades físicas y cognitivas, sino que también redefine lo que significa lo humano. Haraway, con su concepto del ciborg, desdibuja las líneas entre humano, animal y máquina, argumentando a favor de una fusión que rompe las barreras impuestas por el dualismo occidental. Braidotti, por su parte, enfatiza la importancia de repensar la subjetividad en un mundo habitado por múltiples formas de vida y sistemas inteligentes, proponiendo un modelo de sujeto posthumano éticamente responsable y políticamente comprometido. Esto ha derivado en varias tendencias actualmente en boga, como el *solarpunk* o *greenpunk*, entre otras. Asimismo, Hayles, explorando la noción de cómo la información configura la comprensión de lo humano, argumenta que la humanidad ha entrado en una nueva era donde la consciencia y la cognición no están atadas exclusivamente a la limitante

biológica. Clark (2004), filósofo y autor de "*Natural-born cyborgs*" sostiene que los humanos son naturalmente ciborgs: "no en el sentido meramente superficial de combinar carne y cables, sino en el sentido más profundo de ser simbioses humano-tecnología".

Con la cibernética de segundo orden, lo humano pasa a comprenderse desde la teoría del control y los sistemas. Así, los modelos de información se aplican por igual a lo humano, lo no humano, lo biológico, y lo no biológico, mancillando cualquier diferencia ontológica entre ellos. En pocas palabras, se aplican por igual en un entorno de convergencia entre lo que es físico y lo que es digital, evaporando la diferencia entre ambos.

Todo este cambio hacia una visión post-humanista se manifiesta concretamente en el campo del diseño y la arquitectura, donde la incorporación de la inteligencia artificial y otras tecnologías avanzadas desafía las nociones tradicionales de creatividad, autoría y producción. La posibilidad de proyectar diseños que se adaptan dinámicamente a sus ocupantes o de crear espacios urbanos que responden en tiempo real a las condiciones ambientales y sociales son ejemplos de cómo la supercognición está redefiniendo las prácticas proyectuales. En este contexto, el controlador cibernético post-humano ya no actúa como un creador omnipotente, sino como un mediador entre diferentes sistemas de inteligencia, humanos y no humanos, en la co-creación de entornos habitables.

La transición de una visión humano céntrica a una visión post-humana también plantea desafíos éticos significativos. La responsabilidad de las creaciones no humanas, el derecho a la autonomía de las entidades artificiales y la redefinición de la agencia en un mundo compartido con inteligencias no biológicas son cuestiones fundamentales que necesitan ser abordadas. En este sentido, el posthumanismo no solo ofrece un marco teórico para comprender los cambios inducidos por la tecnología avanzada, sino que también insta a una reflexión ética sobre la coexistencia entre lo no humano y lo humano.

La disolución de la biósfera en la tecnosfera es un acto de reconocimiento de la disolución de las fronteras entre lo biológico y lo tecnológico al tiempo que una celebración de la diversidad de formas de ser en el mundo. Al hacerlo, invita a

repensar radicalmente las prácticas, relaciones y responsabilidades hacia y entre todas las formas de vida con las que actualmente se comparte entorno, desafiando a la humanidad a imaginar un futuro donde la coexistencia y la colaboración entre todas las formas de inteligencia definan la textura de la nueva realidad social y material; física y digital.

#### 5.2.2. De las inteligencias enfrentadas a la inteligencia convergente.

Tal como indica Ghandi (2023) refiriendo a Papale, la relación entre el diseño y la neurofisiología tiene sus raíces en el Renacimiento, con los trabajos de diseñadores como Leonardo Da Vinci y anatomistas como Vesalio o Descartes. Los avances en inteligencia artificial (IA), biología y neurociencia han venido a ampliar la comprensión humana de las interacciones humano-entorno, biológico-no biológico, y físico-digital, proporcionando nuevas técnicas de medición y perspectivas interdisciplinarias novedosas, según apunta Ghandi refiriendo a Eberhard.

Si bien la idea de entornos inteligentes en los que sensores y actuadores están entrelazados con el mundo físico fue introducida hace ya algunos años (Weiser, 1995), la omnipresencia de las tecnologías digitales ha introducido un nuevo modelo para interactuar con el entorno construido. Los dispositivos móviles ofrecen nuevas formas de sentir y comunicarse con personas, agentes no humanos, objetos e incluso edificios. Juntas, estas tecnologías pueden usarse no solo para la recolección de datos sino también como un medio para dar vida al entorno circundante. Actualmente, los denominados “edificios inteligentes” están equipados con la inteligencia artificial necesaria para cambiar factores ambientales como la temperatura, la luz o el sonido.

La evolución de la inteligencia artificial y la robótica, desde herramientas específicas hasta sistemas autónomos complejos, refleja un cambio paradigmático en la relación con la tecnología. Tradicionalmente, las inteligencias humanas y artificiales habían sido vistas como entidades enfrentadas, compitiendo en ámbitos que van desde el tablero de ajedrez de von Kempelen hasta los mercados laborales actuales, provocando todo tipo de reacciones, desde las más positivistas hasta las neo-luditas. Este enfoque dualista, arraigado en la visión antropocéntrica del mundo, ha enfatizado la rivalidad entre lo humano y lo no humano, generando temores sobre la obsolescencia humana y la eventual supremacía de las máquinas.

Sin embargo, este escenario está dando paso a una nueva era de "inteligencia convergente", donde la colaboración entre la inteligencia humana y artificial se convierte en una nueva norma. La transición desde una perspectiva de competencia a una de complementariedad y sinergia, pone su énfasis en destacar cómo la integración de capacidades humanas y maquínicas puede potenciar las habilidades colectivas más allá de lo que cada una podría lograr por separado.

En el diseño y la arquitectura, esta convergencia se manifiesta en el uso de sistemas de inteligencia artificial para optimizar procesos de generación proyectual digital y física. Es conveniente pues, presentar el nuevo dilema acerca de estos procesos. Esto es, si son un móvil para desplazar al controlador (el diseñador, el arquitecto) en su relación cibernética con el proyecto, o si por el contrario, la inteligencia artificial se convierte en una extensión de su creatividad, permitiendo explorar soluciones antes impensables. Esta potencial convergencia se extiende también a la fase de la materialización, donde entidades automatizadas, como robots o drones trabajan junto a los agentes humanos para materializar diseños complejos con una precisión y eficiencia de otro modo inalcanzable.

La convergencia de inteligencias también se ve impulsada por el desarrollo de interfaces más intuitivas, que facilitan una interacción más natural entre humanos y sistemas de inteligencia artificial. Estas interfaces, que incluyen desde la realidad aumentada hasta dispositivos de control por gestos, reducen la barrera entre el pensamiento humano y la acción de la máquina, permitiendo una colaboración en tiempo real y con un alto grado de interactividad.

La nueva era de inteligencia convergente plantea, pues, importantes cuestiones éticas sobre la autonomía, la responsabilidad y la toma de decisiones compartida. A medida que las líneas entre lo humano y lo artificial se difuminan, surge la necesidad de redefinir los nuevos marcos éticos para asegurar que esta colaboración promueva el bienestar colectivo, respete la dignidad humana y fomente una sociedad más justa y sostenible.

No se trata solo de la descripción de un cambio tecnológico disruptivo, sino un llamado a repensar la relación humana con la tecnología. Al abrazar la potencialidad de una

inteligencia convergente, se podrán superar los límites tradicionales de la creatividad humana y abrir nuevas vías para el desarrollo proyectual. Este proceso de convergencia, fundamentado en el respeto mutuo y la colaboración, promete no solo innovaciones técnicas y estéticas, sino también una mayor armonía entre los seres humanos, los no humanos y la tecnología que todos ellos crean y utilizan.

### 5.2.3. De los mitos del Golem a los mitos de la singularidad.

La narrativa que se extiende desde los antiguos mitos del Golem hasta las modernas teorías de la singularidad tecnológica encapsula la evolución de las relaciones entre la ideación, la creación, y el control de entidades potencialmente inteligentes y autónomas. Esta narrativa construye asimismo un paralelismo entre el mito del Golem, una figura de arcilla animada mediante prácticas esotéricas para servir a su creador humano, y la singularidad tecnológica, un concepto que, tal como se ha comentado previamente, predice el advenimiento de inteligencias artificiales superiores a cualquier capacidad humana. Ambos conceptos, aunque separados por siglos y contextos muy diferentes, reflejan las esperanzas, temores y aspiraciones humanas frente a la creación de vida o inteligencia por medios no biológicos.

El Golem, en tanto personaje mitológico, simboliza el deseo humano de dominar las fuerzas de la naturaleza y la vida misma a través de la tecnología o la magia, una analogía varias veces referida por Arthur C. Clarke, quien sostenía que cualquier tecnología lo suficientemente avanzada resulta indistinguible de la magia. El Golem representa tanto una hazaña de ingenio humano como una advertencia sobre los límites de nuestro control sobre las entidades que este crea o contribuye a crear. Se trata de una figura que encarna la dualidad de la acción tecnológica como servidora de la humanidad y, al mismo tiempo, como una potencial amenaza para su creador cuando escapa a su control. En cierto sentido, una ruptura de la jerarquía cibernética.

A su vez, el concepto de singularidad tecnológica, popularizado mayormente por Kurzweil, sugiere un futuro donde la inteligencia artificial alcanza y supera la inteligencia humana, potencialmente llevando a una era de avances exponenciales inimaginables para la mente humana actual. A diferencia del Golem, que es controlado por inscripciones mágicas, las inteligencias artificiales referidas por Kurzweil, que dan lugar al paradigma de la singularidad operarían en un nivel de auto-mejora y

autonomía que podría desvincularla completamente de la necesidad de intervención o dirección humana. El fin del *dataset*. El inicio de la obsolescencia.

Ambos mitos, el del Golem y el de la singularidad, reflejan la fascinación humana por trascender sus propias limitaciones a través de la creación de formas de vida o inteligencia que puedan superar las capacidades humanas existentes. Sin embargo, mientras que el Golem permanece atado a los límites impuestos por sus creadores, la singularidad sugiere una liberación total de dichos límites, planteando cuestiones fundamentales sobre la relación entre creador y creación, y el futuro de la humanidad en un mundo donde las máquinas puedan pensar, decidir y actuar independientemente.

La transición de los mitos del Golem a los -al menos, por ahora- mitos de la singularidad obliga a reconsiderar la posición de lo humano no solo como entidad creadora, sino también su propia ontología en un universo cada vez más poblado por entidades surgidas de su propia creación. Esta transición implica un devenir mitológico que invita a una reflexión profunda sobre la ética de la creación artificial, la responsabilidad del agente creador y las posibilidades y peligros inherentes a ceder el control a inteligencias no humanas.

En cierto sentido, esto no solo conforma una historia sobre el desarrollo tecnológico y espiritual de la humanidad, sino que también sirve como una metáfora del impulso continuo hacia la creación, el descubrimiento y, finalmente, la comprensión del lugar de lo humano en un universo que continúa siendo modelado, pero que tal vez algún día supere a su creador. Esta reflexión no es solo un ejercicio de nostalgia, sino una guía para navegar el futuro incierto que la tecnología avanzada promete, o amenaza, con traer.

### 5.3. De la aceleración tecnológica a una probable convergencia físico-digital

#### 5.3.1. De la digitalización a la fabricación de mundos.

Desde la primera digitalización del entorno físico, atribuida por Carpo (1999) a León Batista Alberti con su mapa de Roma de 1450 a partir de coordenadas numéricas, según se describe en “*Descriptio Urbis Romae*”, la transición de la digitalización a la fabricación de mundos se inicia como un cambio acelerado de paradigmas en el campo del proyecto, profundamente influenciado por el desarrollo en los últimos cinco años por las inteligencias artificiales avanzadas. Este proceso supera la creación de simples representaciones digitales o modelos tridimensionales, adentrándose en la conceptualización y materialización de entornos complejos que operan bajo las lógicas dictadas por las entidades de inteligencia artificial.

Inicialmente, la digitalización sirvió para facilitar la transición de procesos manuales a digitales, permitiendo una representación y manipulación más eficientes de la información. Con el paso del tiempo, se convirtió en el fundamento para innovaciones más ambiciosas, extendiéndose desde la representación gráfica hasta la fabricación de mundos ciber-físicos a través de técnicas como la impresión 3D, la fabricación digital, o los metaversos y entornos de VR/AR/MR.

Si bien SORA<sup>5</sup> es un ejemplo paradigmático y probablemente uno de los más destacados a nivel global, la fabricación de mundos por inteligencia artificial representa un avance evolutivo más que significativo en la creación de físicas, propias de mundos digitales, que se tornarán cada vez más indistinguibles del mundo físico. Las inteligencias artificiales igualadoras e incluso superadoras del modelo de SORA no tardarán en llegar, dado el avance acelerado que se constata en el período 2021-2024. Su meta no será tan solo asistir en la creación de modelos digitales, sino que también contribuir a la concepción de entornos completos, capaces de existir tanto en el plano digital como en el físico. Los mundos creados por estas inteligencias no solo replican la realidad conocida, sino que también se aventuran en la exploración de posibilidades infinitas, combinando leyes físicas, estéticas y funcionales de maneras que

---

<sup>5</sup> SORA es un generador de video a partir de *prompts* lanzado en marzo de 2024. <https://openai.com/research/video-generation-models-as-world-simulators>  
Fecha de consulta: marzo 2024.

trascienden las limitaciones humanas en términos de capacidad productiva, eficiencia y, eventualmente, creatividad.

Este escenario introduce una nueva dimensión en el proyecto, al que se denominará como “fabricación de mundos”. Esta noción no solo implica la creación de espacios habitables o estéticamente agradables siguiendo la línea de pensamiento establecida por la *Endless House* de Kiesler, sino también la generación de entornos con sus propios conjuntos de reglas y lógicas, diseñados y construidos por y para la inteligencia artificial. La implicación de esta evolución es profunda, pues redefine el papel del controlador cibernético, es decir, del arquitecto, no como mero creador de espacios físicos, sino como articulador de realidades completas, tanto físicas como digitales, en colaboración con sistemas de inteligencia artificial.

La era de la fabricación de mundos, por tanto, no solo amplía el campo de acción para los diseñadores y arquitectos, sino que también plantea cuestiones éticas, filosóficas y prácticas sobre la naturaleza de la realidad, la autoría, y la responsabilidad en la creación de estos nuevos entornos. Es este pues, el umbral de una convergencia plena entre lo digital y lo físico, donde la habilidad para crear y manipular mundos abre nuevas fronteras para la experimentación, la innovación y la expresión humana.

La transición de la digitalización a la fabricación de mundos representa así un salto cuántico en el ámbito del proyecto, impulsado por el advenimiento de inteligencias artificiales avanzadas, siguiendo la línea de SORA. Este proceso no se limita meramente a la creación de representaciones digitales o modelos tridimensionales, sino que se extiende hacia la conceptualización y materialización de entornos complejos que coexisten y operan dentro de la lógica establecida por entidades de inteligencia artificial.

La digitalización, en sus inicios, facilitó la transición de procesos mecánicos a digitales, permitiendo una representación y manipulación más eficiente de la información. Con el tiempo, esta se convirtió en el sustrato para innovaciones más ambiciosas, extendiendo sus capacidades desde la representación gráfica hasta la fabricación física mediante diversas técnicas, especialmente las que definen la Cuarta Revolución Industrial, tal como se ha visto en el capítulo precedente.



*Figura. 91 – Alucinación maquina ciberneticamente controlada con ControlNET y StableDiffusion.*

*Proyecto del curso PTE Taller Danza / CID, 2024.*

*Fuente: estudiantes Paula Bachino y Francisco Rubino.*



*Figura. 92 – Alucinación maquina ciberneticamente controlada con ControlNET y StableDiffusion.*

*Proyecto del curso PTE Taller Danza / CID, 2024.*

*Fuente: estudiantes Giuliana Moranzoni y Mauro Viazzo.*

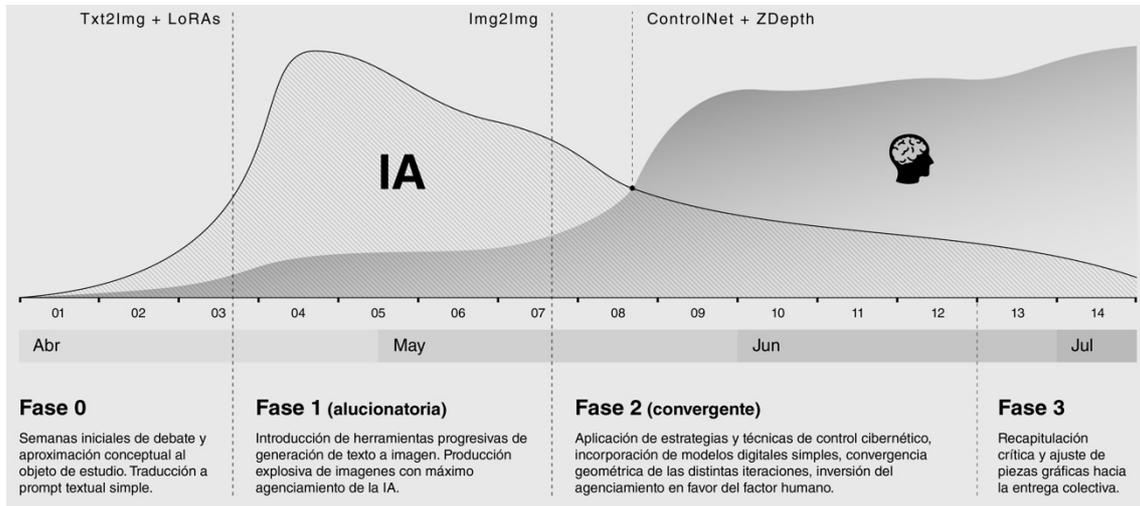


Figura. 93 – Esquema de proceso de diseño y control cibernético.

Proyecto del curso PTE Taller Danza / CID, 2024.

Fuente: elaboración propia.

### 5.3.2. De las alucinaciones maquínicas a la inteligencia alienígena.

Cuando Philip K. Dick se preguntaba si los androides podían soñar con ovejas eléctricas, habilitaba en cierto modo la idea actual de la alucinación maquínica. Las ovejas “eléctricas”, que no eran sino ovejas paleodigitales -si cabe el término- antes de la generalización del concepto mismo de “lo digital”, representaban una alegoría del sueño de las máquinas, de entidades autónomas conscientes capaces de idear, visionar, crear. El miedo a la obsolescencia programada de Roy Batty, el androide principal de la historia, representa una forma de inteligencia consciente, algo bastante común en la literatura de ciencia ficción, que asigna a la máquina una característica definitoria de lo humano: el miedo a la muerte.

Las máquinas que alucinan imágenes, parten de una premisa similar, que es la de prefigurar ideas, en el sentido definido por Leach, Del Campo, Manninger, y demás autores referidos. Anadol (2022), vuelve sobre esta idea planteando la siguiente interrogante: si las máquinas pueden aprender mediante *machine learning* o procesar mediante algoritmos complejos memorias individuales y colectivas, ¿podrían también soñar con ellas? Esta es la alucinación humana que ha desvelado la creatividad del *sci-fi* desde sus inicios: la creación de máquinas capaces de alucinar nuevas ideas, nuevos conceptos, nuevas metas capaces de trascender lo humano. Corresponde pues, plantear aquí la cuestión de qué lugar toma lo humano en la era de la inteligencia artificial, cuando los espacios pueden ser expandidos y transformados en experiencias del metaverso o de computación espacial en la “mente” de una máquina. Y aunque no exista una respuesta concluyente ni definitiva, sino escenarios probables y futuros posibles, lo humano se enfrenta al complejo dilema de asumirse como creador, como insumo, o incluso como entidad de hibridación con la inteligencia artificial. Esto es, como una entidad cyborg residiendo en un nuevo universo de posthumanidad imperante. La construcción de una nueva epistemología del diseño se impone. La percepción del tiempo y del espacio está cambiando radicalmente con las máquinas tomando el control de lo humano, permitiendo y facilitando nuevas técnicas estéticas para crear entornos físicos inmersivos digitalmente enriquecidos.

No obstante, la mente humana puede identificar y ordenar aspectos semánticos de lo que consciente o subconscientemente analiza. Las redes neuronales en cambio, pueden exhibir un comportamiento análogo solo después de haber aprendido de una

colección lo suficientemente grande de referencias. Y luego de eso, identificar y aislar esos aspectos semánticos en diversos niveles. Ni las representaciones visuales conscientes de la realidad ni las percepciones humanas de esa misma realidad corresponden a una cartografía directa del mundo físico conocido. El sentido dado al mundo circundante es, pues, una interpretación permanente de experiencias previas, que sirven, asimismo, como filtro para entender, tamizar y construir el presente y los futuros posibles. Del mismo modo, la formación proyectual moldea el modo de ver, entender, y concebir el mundo convergente de lo físico-digital. Siguiendo esta misma línea, el proceso de *machine learning* y los resultados de las redes neuronales a menudo están limitados por el mapa de características, los *datasets* y los sesgos asignados en el proceso. Mientras que las inteligencias artificiales pueden exhibir de algún modo una cierta forma de inteligencia y creatividad, y pueden trazarse asimismo un paralelismo entre máquinas y humanos en términos cualitativos, ambos casos no son equiparables.

Boden (2018) se ha referido a la creatividad humana en una taxonomía de tres tipos: combinatoria, exploratoria, y transformacional. En tanto, la capacidad de creación maquínica se clasifica como interpolativa, extrapolativa, e inventiva. Mientras que la primera explica las muestras de todo el campo de posibilidades como un promedio, y este promedio puede considerarse novedoso dentro del *dataset* de entrada, la creatividad extrapolativa es capaz de generar nuevas alucinaciones fuera del dominio del *dataset* original. Esto implica un nivel superior de creatividad que trasciende el promedio en un conjunto de datos y abre posibilidades hacia resultados verdaderamente novedosos. Mientras que las redes neuronales son bastante capaces de creatividad interpolativa, es decir, son excelentes aliadas al momento de promediar muestras y reconocer patrones de datos, solo unas pocas son capaces de generar creatividad extrapolativa, y ninguna es capaz de invención. Manovich (2022) le ha restado trascendencia a esta circunstancia, en el entendido que el cerebro humano intenta hacer su "mejor suposición" sobre lo que está afuera, buscando dar sentido a una sobreexposición constante a señales eléctricas que están directa o indirectamente relacionadas con el mundo físico y digital circundante. Por lo tanto, la percepción es altamente subjetiva. El papel del cerebro es, pues, dar sentido y carga semántica a lo que está recibiendo. En tal sentido, no solo percibe pasivamente el mundo, sino que lo genera activamente. Es un proceso biunívoco donde el mundo genera lo que está al interior de la mente y la mente construye el mundo exterior. Seth, citado por Leach

(2023) define de este modo las alucinaciones, como entidades controladas para prevenir predicciones incorrectas. Esto sucede a través de un proceso de "minimización del error de predicción", un mecanismo de retroalimentación que registra la diferencia entre lo que el cerebro espera y lo que realmente ve, y actualiza su percepción en consecuencia, "reinando" su predicción inicial.

Así pues, si la alucinación es una especie de percepción controlada, entonces la percepción del aquí y el ahora también es una suerte de alucinación, pero una alucinación controlada en la que las predicciones del cerebro están siendo restringidas por información sensorial del mundo físico-digital circundante. De hecho, cuando la alucinación es compartida, es a lo que se denomina habitualmente como realidad.

Puede ser oportuno incluso trazar un paralelismo entre las alucinaciones controladas de la mente y las alucinaciones maquínicas de una red GAN. Ambas involucran control -cibernético de segundo orden-. Después de todo, una GAN se basa en una competencia entre una red neuronal que genera imágenes, es decir, una red generadora y otra discriminadora, que las juzga contra un conjunto de datos de imágenes objetivo. Este proceso puede ser entendido como una forma de "aprendizaje". Las "alucinaciones controladas" de la mente y las "alucinaciones maquínicas" de las redes neuronales de hecho no serían tan diferentes. No obstante, se puede decir junto con Hinton que se trata de una forma de "inteligencia alienígena", en el sentido de lo extraño, lo otro, lo externo. Aun a pesar de los paralelismos, esta inteligencia *otra*, carece de conciencia y valor semántico. Por tal razón, el miedo a la obsolescencia y la muerte del replicante Roy se convierte en un apenas un eco literario distante. Las máquinas no experimentan temor ni anticipación; sin embargo, su existencia plantea un dilema ético y filosófico profundo sobre el papel de lo creado frente a su creador. La ansiedad existencial de Batty ilustra una profundidad emocional y cognitiva inaccesible para las inteligencias artificiales, pero también subraya una intersección crucial: el punto donde las capacidades de las máquinas se cruzan con las experiencias humanas fundamentales. Así pues, la frontera entre la inteligencia humana y la artificial se convierte en un espacio de constante alienación. Las alucinaciones maquínicas, si bien carecen de conciencia, despliegan un espectro de creatividad que desafía los límites convencionales que definen o determinan la originalidad. Este desafío construye una pregunta sobre la naturaleza creativa misma: ¿es exclusivamente humana o un atributo compartido con las creaciones de la

humanidad? La habilidad de las inteligencias artificiales para producir resultados que comulgan emocionalmente con los humanos sugiere una expansión de la esfera creativa, abrazando una colaboración entre la mente humana y las capacidades de las redes neurales.

Así pues, la narrativa de la "inteligencia alienígena" en el contexto de la inteligencias artificiales no es solo una exploración de los límites de la tecnología sino también un reflejo de las ansiedades, las esperanzas y las aspiraciones propias de lo humano. Elementos que incorporan los replicantes de Philip K. Dick, pero que no forman parte de la estructura, lógica o naturaleza de la inteligencia alienígena, de la *xeno* inteligencia; o de la inteligencia *otra*.

### 5.3.3. De las convergencias a las hipersticiones.

La Cuarta Revolución Industrial, caracterizada por un acelerado entrelazamiento de la tecnología con todas las esferas de la cultura y la sociedad, hace emerger una nueva comprensión del futuro: no como un destino ineludible, sino como un vasto horizonte de posibilidades moldeadas por acciones y visiones colectivas. La convergencia físico-digital ha borrado las fronteras entre lo virtual y lo tangible, entre lo físico y lo digital, entre los átomos y los bits, permitiendo una simbiosis entre lo humano y la tecnología. Esta simbiosis redefine asimismo todas las formas de interacción humana con el entorno y entre pares. No obstante, este entrelazamiento se posiciona solo como un vórtice de partida. A medida que esta convergencia se profundiza, comienza a aparecer la oportunidad y el desafío de utilizar estas interacciones no solo para reflejar el mundo como es, sino para imaginar cómo podría ser.

En el momento actual, el concepto tradicional de "futuro" parece encontrarse en crisis y en permanente redefinición. Ya no parece adecuado hablar del futuro como una idealidad acabada, sino como una multiplicidad de escenarios, de posibilidades y de configuraciones posibles. Así pues, la idea de "hiperstición", tal cual fue propuesta por Nick Land y su *Cybernetic Culture Research Unit*, emerge como un modelo de interpretación que entrelaza la ficción, los imaginarios futuristas y la existencia de narrativas capaces de generar su propia realización. La hiperstición pues, puede ser definida como una ciencia experimental de las profecías autocumplidas, que se convierte en el eje sobre el cual giran todos los potenciales futuros, actuando no solo

como pronósticos sino como creadores activos de la realidad. Más allá de ser meras especulaciones, las hipersticiones actúan inyectando nuevas posibilidades en el tejido de esa alucinación compartida a la que se denomina realidad<sup>6</sup>. Así pues, la hiperstición, como concepto que entrelaza lo imaginario con su capacidad de manifestarse en la realidad, sugiere que las ficciones y narrativas de futuro pueden, de hecho, crear ese o esos futuros que presagian. Esto es, esos mundos compartidos, esas convergencias colectivas entre lo físico y lo digital; entre los átomos y los bits; entre lo humano y lo no humano.

Un análisis del aceleracionismo propuesto por Land, y el *L/Acc*, o aceleracionismo de izquierdas propugnado por Srnicek y Williams revela que el futuro no es un destino fijo ni inevitable, sino un horizonte lleno de posibilidades, modelado por las acciones y la imaginación colectivas. Frente a la tendencia de predecir el futuro con métodos que recuerdan a los de la especulación bursátil, emerge la urgencia de desarrollar nuevos imaginarios que desafíen las visiones dominantes impuestas por corporaciones y entidades de poder. El futuro, lejos de ser una repetición de ideales obsoletos en formatos más rápidos o eficientes, puede ser reinventado a través de prácticas que amplíen las capacidades de imaginación sensible, mediadas por avances tecnológicos. Aquí es donde entran en juego las tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial ya comentadas, aplicadas a todos los espectros de la vida y especialmente a la generación proyectual.

El diseño-ficción emerge como una metodología clave en este proceso, permitiendo la creación de prototipos diegéticos que invitan a sumergirse en futuros alternativos y a reflexionar críticamente sobre ellos. Este enfoque no solo cuestiona las narrativas establecidas sino que también promueve el debate y la reflexión sobre los futuros posibles, sus alcances y consecuencias, así como explorar y co-crear esos futuros. El cono de Nesta propone una interesante herramienta que ayuda a pensar en este sentido. En este esquema, el futuro se entiende no como un espacio singular e ineludible, sino como una pluralidad de escenarios posibles que se extienden a lo largo del cono.

---

<sup>6</sup> Seth, Anil. “La realidad es una alucinación controlada”. En Dossier Entrevistas CCCB Lab. <https://lab.cccb.org/es/anil-seth-la-realidad-es-una-alucinacion-controlada/>  
Fecha de consulta: Agosto 2024.

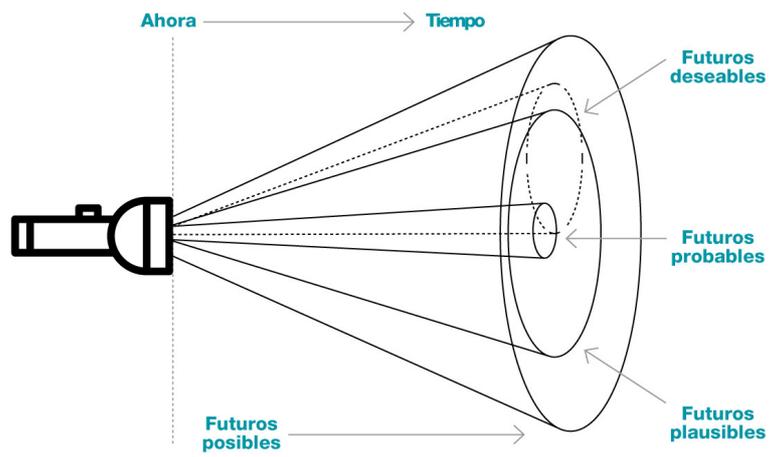


Figura. 94 – Cono de Nesta.

Fuente: <https://t.ly/fY1U6>

El modelo facilita la visualización como un espectro de futuros probables, futuros plausibles, futuros posibles y futuros deseables, cada uno con su propio conjunto de condiciones y oportunidades. En este amplio gradiente, los futuros deseables se destacan como aquellos que, a través de la imaginación colectiva y la hiperstición, tienen el poder de hacerse realidad. El cono de Nesta propone un camino hacia la construcción de futuros, donde la imaginación, potenciada por la hiperstición, se convierta en una herramienta esencial para la fabricación de mundos que aún no existen pero que eventualmente sí podrían existir y materializarse a sí mismos. A través de este proceso, la convergencia físico-digital se transforma de un fenómeno observado a un campo de acción, constituyéndose así en un modo de participación activa en la configuración de los múltiples futuros posibles. Esta representación temporal en forma de vector de apertura cónica abre una ventana de expectación hacia la lejanía estadística, puesto que cuánto más lejanos sean los futuros, más posibilidades encarnan.

En cierto sentido, es pertinente referir a la botella de Klein, una superficie matemática con propiedades únicas, dado que se trata una figura no orientable sin distinción entre interior y exterior, lo que desafía el sentido de la comprensión convencional del espacio. La botella de Klein viene a representar un modelo que no puede existir plenamente en tres dimensiones sin auto intersectarse, sugiriendo así la existencia de realidades más allá de percepción tridimensional humana. La botella simboliza pues, la complejidad, la continuidad y la idea de que las percepciones habituales del espacio y la orientación pueden ser limitadas. Mientras el cono de Nesta invita a considerar el futuro como un campo abierto de posibilidades influenciado por las acciones presentes, la botella de Klein constituye un recordatorio de que la realidad puede ser más compleja y multidimensional de lo que se percibe, y que existen formas de existencia y posibilidad más allá de la comprensión humana ordinaria. Mientras que el cono es una motivación para pensar y actuar conscientemente hacia los futuros deseables, la botella de Klein actúa como un recordatorio de la complejidad inherente del universo y las limitaciones de la percepción humana. No obstante, en conjunto, podrían interpretarse como una llamada a abordar el futuro (y el presente) con una mentalidad abierta, reconociendo la pluralidad de trayectorias, realidades posibles y realidades deseables, así como la necesidad de concebir herramientas conceptuales

que permitan navegar la complejidad del mundo de convergencia entre lo físico y lo digital que sostiene en buena medida el paradigma de la singularidad.

## 6. Inteligrama.

*“La naturaleza no construye máquinas, ni locomotoras, ferrocarriles, telégrafos eléctricos. Son éstos, productos de la industria humana: material natural, transformado en órganos de la voluntad humana sobre la naturaleza o de su actuación en la naturaleza. Son órganos del cerebro humano creados por la mano humana; fuerza objetivada del conocimiento.”*

Karl Marx. Fragmento sobre las máquinas.

El esquema denominado Inteligrama consiste en una cartografía conceptual que organiza y visualiza la evolución de la convergencia físico-digital, estructurando una genealogía del pensamiento proyectual y tecnológico en relación con la singularidad. A través de una representación en espiral que refleja la naturaleza no lineal de la evolución tecnológica, traza un recorrido desde la Revolución Industrial y la cibernética hasta las implicaciones filosóficas y éticas de la inteligencia artificial y la posthumanidad. Su estructura combina hitos históricos, referentes teóricos y ejemplos proyectuales, vinculando eventos, instituciones y disciplinas para revelar patrones y tendencias emergentes en el diseño y la arquitectura. Más que un simple registro cronológico, el Inteligrama es una herramienta epistémica que invita a la exploración activa y reflexiva, permitiendo comprender la interdependencia entre tecnología, proyecto y cultura, al tiempo que modela un marco de anticipación hacia el posible advenimiento de la singularidad tecnológica en un futuro próximo.

### 6.1. El Inteligrama como construcción genealógica de la convergencia físico-digital.

El conjunto de datos estructurados y sistematizados que componen el gráfico que sigue constituye un trabajo de cartografía conceptual que organiza y visualiza la evolución de la convergencia físico-digital, estructurando una genealogía del pensamiento proyectual y tecnológico en relación con la idea de la singularidad tecnológica. A través de una línea de tiempo que abarca desde el siglo XVII hasta un futuro proyectado más allá del 2030 con el eventual arribo de la singularidad, el Inteligrama ndocumenta hitos históricos y transformaciones paradigmáticas, al tiempo que modela una perspectiva de desarrollo que vincula eventos, instituciones, disciplinas y conceptualizaciones clave en torno al diseño, la arquitectura y la tecnología.

Uno de los aportes fundamentales del Inteligrama es su capacidad para establecer una genealogía estructurada de la convergencia físico-digital. A diferencia de una cronología meramente descriptiva, esta cartografía conceptual identifica patrones y conexiones que han dado forma al pensamiento proyectual en distintos períodos históricos. La presencia de categorías como Era Industrial, Era de la Información, Era del Conocimiento y Gran Reinicio presenta la convergencia no como un fenómeno aislado, sino como resultado de diversos procesos acumulativos y transformaciones tecnológicas que han redefinido la relación entre tecnología, filosofía y proyecto.

Este modelo genealógico se extiende con la inclusión de referencias a instituciones académicas de referencia y redes de investigación especializadas como ACADIA, SIGraDI, eCAADe, CAADFutures, CAADRIA y ASCAAD, que han desempeñado un papel sumamente relevante en la consolidación del campo epistémico del diseño computacional. Su presencia en el Inteligrama permite contextualizar cómo las ideas y avances tecnológicos se han institucionalizado y difundido a nivel global, estableciendo un sistema de influencia mutua entre el desarrollo tecnológico y la práctica proyectual.

Este análisis genealógico también pone en evidencia la aceleración de la convergencia físico-digital en las últimas décadas. Mientras que los primeros hitos en la línea de tiempo corresponden a avances mecánicos y proto-digitales (telar de Jacquard, máquina analítica de Babbage, por ejemplo), la densidad de eventos en el siglo XXI revela una progresiva fusión entre lo físico y lo digital, impulsada por la inteligencia artificial, la fabricación digital y la proliferación de las industrias de recolección y administración de datos. En este sentido, el Inteligrama funge, además de como una documentación del pasado, como un instrumento para anticipar tendencias futuras, proyectando la posible llegada de la singularidad tecnológica en un horizonte temporal que se sitúa entre 2030 y 2040.

## 6.2. Una arqueología de la evolución del pensamiento proyectual y tecnológico.

A partir de una perspectiva histórica como arqueología de hechos relevantes, el Inteligrama representa un modelo dinámico de la evolución del pensamiento proyectual en el marco de la convergencia físico-digital. La intersección de categorías como proyectos, arte y cultura, biografía, libros y papers, tecnología, y eventos apunta

que el desarrollo del diseño computacional no ha sido un proceso lineal, sino el resultado de una serie de interacciones transdisciplinarias. Este entramado permite identificar cómo ciertos conceptos han evolucionado a lo largo del tiempo. Por ejemplo, cómo la noción de automatización, que en sus primeras manifestaciones se asociaba con la mecanización del trabajo físico, ha mutado en el siglo XXI hacia la automatización cognitiva mediante inteligencia artificial y aprendizaje automático. Del mismo modo, la idea de materialidad, que en sus primeras formulaciones arquitectónicas se vinculaba con la estabilidad estructural, ha dado paso a una visión más dinámica y programable, en la que los materiales inteligentes y la biofabricación desempeñan un rol mucho más preponderante. Además, se introduce en el diagrama la noción misma de singularidad como un punto de inflexión donde el pensamiento proyectual y la tecnología podrían experimentar una mutación radical. Esta proyección refuerza la idea de que el diseño, lejos de ser una disciplina estática, es una práctica en constante redefinición, determinada por la relación entre herramientas, metodologías y una hibridación de marcos filosóficos tradicionales combinados con los emergentes.

### 6.3. Utilidad en el marco de la tesis.

El Inteligrama cumple un rol estructurador en el arco argumental de la tesis, al proporcionar un marco de referencia que permite situar la convergencia físico-digital dentro de un proceso histórico y conceptual temporalmente amplio, en el cual la probable llegada de la singularidad es fundamentada no como un fenómeno aislado o especulativo, sino como el desenlace de una serie de transformaciones que pueden ser rastreadas y documentadas mediante la arqueología de hechos y sucesos documentados. Desde esta perspectiva, el Inteligrama funciona como un instrumento de validación epistemológica, ya que demuestra que los conceptos clave de la tesis — que serán presentados en el capítulo siguiente— no surgen de manera arbitraria, sino que se inscriben en una trayectoria de evolución del pensamiento proyectual. Además, al establecer conexiones entre distintas disciplinas y temporalidades, la cartografía del Inteligrama refuerza la idea de que la convergencia físico-digital no es solo una cuestión tecnológica, sino un fenómeno cultural, filosófico y ontológico.

Otro aporte importante a destacar radica en su capacidad para visualizar la interacción entre instituciones, eventos y producciones académicas. Esto es clave para

comprender cómo ciertos conceptos han sido adoptados, transformados y difundidos a nivel global, estableciendo redes de conocimiento que han facilitado la emergencia de nuevas metodologías proyectuales.

El análisis del Inteligrama permite asimismo extraer algunas conclusiones clave sobre la convergencia físico-digital y su impacto en el pensamiento proyectual y tecnológico. Por ejemplo, evidenciar que la idea de convergencia físico-digital es, en gran medida, un fenómeno acumulativo y acelerado, que se ha construido sobre una base histórica de automatización, pensamiento computacional y aplicación experimental de estos conceptos a través de la creación y propuesta de trabajo con nuevas formas de materialización y nuevas tectónicas, constituyendo una forma de evolución progresiva que ha acelerado su ritmo con las sucesivas décadas. Así pues, el pensamiento proyectual está en un estado de transformación constante, influenciado por la aparición de nuevas herramientas, metodologías y marcos conceptuales. La progresiva integración de la inteligencia artificial en el diseño indica que la agencia del diseñador se encuentre en redefinición, desplazándose desde el control absoluto hacia un modelo de colaboración con sistemas autónomos. En tal sentido, la genealogía presentada en el Inteligrama sugiere que la llegada singularidad, en caso de ocurrir, será el resultado de procesos ya en marcha, más que de una irrupción abrupta. Se trata pues, de una herramienta crítica para pensar el diseño en la era de la convergencia físico-digital, no solo como un documento histórico, sino como un modelo conceptual que permite visualizar tendencias, anticipar escenarios y generar nuevas preguntas. Su inclusión en la tesis pretende reforzar gráficamente la solidez argumental del trabajo, y al mismo tiempo aportar un marco para futuras investigaciones que busquen ampliar la comprensión de la relación entre tecnología, pensamiento proyectual y evolución del conocimiento.

## ERA PREINDUSTRIAL

### 1600: El mito del Golem

El mito del Golem, atribuido al rabino Löw, surge en Praga en el siglo XVI. Se trata de un ser animado fabricado a partir de materia inanimada (normalmente barro, arcilla o un material similar). El golem es fuerte, pero no inteligente. Si se le ordena llevar a cabo una tarea, la llevará a cabo de un modo sistemático, lento y ejecutando las instrucciones de un modo literal, sin cuestionamiento ninguno. Este concepto lo emparenta con la noción de entidad automatizada o lo que luego se llamaría "robot".

### 1725: Operación de telares a través de una cinta perforada

Basile Bouchon emplea una cinta perforada para programar un telar. Así, adapta el concepto de los mecanismos de relojería utilizados en las cajas de música a la tarea repetitiva de un telar.

### 1738: "Le canard digérateur", de Jacques de Vaucanson

El pato con aparato digestivo ("Le Canard digérateur") fue un autómatas creado en el 1738 por el ingeniero francés Jacques de Vaucanson. Actualmente se considera la primera mascota robótica de la historia. El pato realizaba todo el proceso metabólico desde la ingesta hasta la defecación, hecho que lo convirtió en el autómatas más exitoso de Vaucanson.

### 1745: Jacques de Vaucanson propone el primer telar automático

Vaucanson creó el primer telar completamente automático del mundo.

## ERA INDUSTRIAL

### 1769: Creación del autómatas "El ajedrecista" o "El Turco"

Wolfgang von Kempelen diseñó una estructura con aspecto antropomórfico capaz de jugar al ajedrez. Más allá de que luego se revelara como un fraude, fue la primera vez en que se creó una estructura capaz de simular una máquina que simulaba una mente humana.

### 1815: Comienza a surgir el movimiento ludita en el sur de Inglaterra

El ludismo (por Ned Ludd) surge como un movimiento en contra de las nuevas máquinas que destruían el empleo, nacidas de la Revolución Industrial. Los telares y la máquina de hilar industrial amenazaban con reemplazar a los artesanos con trabajadores menos cualificados y que cobraban salarios más bajos.

### 1837: Primera versión de la Máquina de Babbage

La máquina analítica de Babbage, Babbage para diseñar una máquina fue la máquina diferencial, que fue un computador diseñado específicamente para construir tablas de logaritmos y de funciones trigonométricas evaluando polinomios por aproximación. Si bien este proyecto no vio la luz por razones económicas y personales, Babbage comprendió que parte de su trabajo podía ser aprovechado en el diseño de un computador de propósito general, de manera que inició el diseño de la máquina analítica.

### 1843: Primer algoritmo de la historia

Ada Byron sostiene que la "máquina analítica" sólo podía dar información disponible que ya era conocida: vio claramente que no podía originar conocimiento. Su trabajo fue olvidado por muchos años, atribuyéndole exclusivamente un papel de transcritora de las notas de Babbage. No obstante, hoy se la reconoce como la creadora del primer algoritmo para una computadora.

### Ada Byron publica "Sketch of the analytical engine invented by Charles Babbage"

En 1842, el matemático italiano Luigi Federico Menabrea publicó una descripción de la máquina de Babbage basada en una conferencia del autor dada en francés. En 1843, la descripción fue traducida al inglés ampliada por Ada Lovelace, quien se había interesado en la máquina ocho años antes. En reconocimiento a sus ampliaciones en la publicación de Menabrea, que incluía una forma de calcular los números de Bernoulli utilizando la máquina, ha sido reconocida como la primera programadora.

### 1858: "Fragmento sobre las máquinas". Karl Marx. En "Elementos fundamentales para la crítica de la economía política (Grundrisse)"

El "Fragmento sobre las máquinas" está incluido en el texto "Elementos fundamentales para la crítica de la economía política (Grundrisse) 1857-1858". Karl Marx construye aquí un discurso de emancipación a través del control de las máquinas de producción, que algunos teóricos como Nick Land consideran una posible génesis de la filosofía del aceleracionismo.

### 1890: Nace Frederick John Kiesler, en el Imperio Austro-húngaro

### 1895: Tarjetas perforadas

Hermann Hollerith desarrolla la tecnología de las tarjetas perforadas y funda la Tabulating Machine Company, germen de la posterior IBM.

### "La máquina del tiempo", de H.G. Wells

Novela pionera de la ciencia ficción, que propone a través de un viaje en el tiempo el conocimiento de una realidad futura distópica, donde la humanidad se ha desarrollado en dos grupos: los Eloi y los Morlocks. Los primeros viven una vida sin necesidades, hedonista, y llena de diversión. Los segundos, son seres de las profundidades, son fieros y se asocian a la oscuridad. Son además carnívoros, a diferencia de los Eloi.

### 1898: Valdemar Poulsen patenta el Telegráfono, primera grabación magnética

Valdemar Poulsen inventó el telegráfono, la primera máquina que registra el sonido de forma magnética. Lo llamó así, porque la intención de Poulsen era grabar un mensaje de voz en el caso de que una llamada telefónica se produjera en su ausencia del usuario. El telegráfono consistía en un micrófono (transductor electroacústico) que convertía las ondas sonoras que recibía en variaciones de voltaje (señales eléctricas). Estas señales eléctricas hacían girar un cilindro que tenía arrollado helicoidalmente un hilo de acero. El carrete cilíndrico giraba bajo un electroimán. En el proceso, registraba la variación de intensidad de un campo magnético sobre un hilo de acero donde quedaban grabadas zonas de distinta magnetización. Luego invirtiendo el proceso, las variaciones magnéticas eran reconvertirlas en señales eléctricas y las variaciones eléctricas volvían a convertirse en sonido a través de un altavoz.

### "La guerra de los mundos", de H.G. Wells

Novela de ciencia ficción que recrea por primera vez una invasión alienígena en la Tierra. Esta obra influenciará a buena parte de la ciencia ficción posterior.

### 1901: Primera transmisión de radio transatlántica, y por tanto, primera comunicación sin cables de la historia

El 12 de diciembre de 1901, el inventor e ingeniero eléctrico italiano Guglielmo Marconi, pionero de las comunicaciones a larga distancia, logró recibir la primera señal de radio transatlántica en una localidad de Signal Hill, en Saint John, Newfoundland, Canadá. La transmisión era la letra "S" en clave morse.

### 1906: Discípulos de Nikolái Fiódorovich Fiódorov publican "La filosofía de la causa común", obra cumbre del cosmismo ruso

Después de la muerte de Fiódorov, sus trabajos fueron recogidos en dos volúmenes y publicados por primera vez en 1906 bajo el título de "Filosofía de la causa común". Sus ideas crean un sistema filosófico globalizador en el que el hombre, la Tierra y el cosmos, son interpretados como algo interrelacionado e interdependiente.

### 1909: Manifiesto futurista. Filippo Tommaso Marinetti

El Manifiesto Futurista es el texto que configuró las bases del movimiento futurista. Escrito por el italiano Filippo Tommaso Marinetti a finales de 1908 y publicado en 1909, su publicación supuso la inauguración del movimiento futurista y sentó precedente para otras vanguardias. El culto a la máquina y la apología de la velocidad son algunas de sus características principales.

### 1911: Frederick W. Taylor plantea un nuevo paradigma de producción racionalizada, adaptando los trabajos al ritmo de las máquinas

El taylorismo hace referencia a la división de las distintas tareas del proceso de producción. Fue un método de organización industrial, cuyo fin era aumentar la productividad y evitar el control que el obrero podía tener en los tiempos de producción. Está relacionado con la producción en cadena.

### 1913: Henry Ford propone su sistema de línea de ensamblaje en la Motor Ford Company

Este sistema que se desarrolló entre fines de la década del 30 y principios de los 70, supone una combinación de cadenas de montaje, maquinaria especializada, altos salarios y un número elevado de trabajadores en plantilla. Este modo de producción resulta rentable siempre que el producto pueda venderse a un precio bajo en una economía desarrollada.

### 1914: Proyecto de la Città Nuova, de Antonio Sant'Elia

Se trata de un proyecto utópico de ciudad global que aparece en el manifiesto futurista. Proyecta un gran centro de comunicaciones con aeropuerto cuarenta años antes del uso comercial del avión y propone como indispensables las antenas de telegrafía sin hilos, anticipándose a las actuales telecomunicaciones.

### 1918: Se patenta la máquina "Enigma", con un sofisticado sistema de cifrado

"Enigma" es el nombre de una máquina de rotores que permitía su uso tanto para cifrar como para descifrar mensajes. Fue patentada en 1918 por la empresa alemana Scherbius & Ritter, y se puso a la venta en 1923 para un uso comercial. En 1926, la Armada alemana la adoptó para uso militar y poco después su uso se extendió a las demás fuerzas armadas alemanas, siendo su uso extendido antes de durante la Segunda Guerra Mundial.

### 1920: El dramaturgo checo propone por primera vez la palabra "Robot" en su obra de teatro "Rossum's Universal Robots"

Es empleada por primera vez la palabra "robot". Surge en la obra de teatro "R.U.R. (Rossumovi univerzální roboti)", del autor checo Karel Čapek. Dicha palabra había sido ideada por el hermano del autor,

Josef Čapek a partir de la palabra checa "robota", que significa "esclavo". Este término vendría a sustituir a "automat", que había empleado el mismo autor en el relato corto de 1917 "Opilec".  
**"R.U.R. (Robots Universales Rossum)". Obra de teatro de ciencia ficción de Karel Čapek**  
La obra se estrena en 1920 en el Teatro Nacional de Praga y más tarde en Nueva York en 1922.

**1922: Nace Reyner Banham, en Norwich, Reino Unido**

**1923: J.B.S. Haldane publica "Dédalo e Ícaro: La ciencia y el futuro", iniciando el paradigma de la aplicación científica para el mejoramiento humano**

John B. S. Haldane recoge aquí sus reflexiones acerca del valor de la ciencia y de la tecnología aplicadas al desarrollo de la sociedad. Este trabajo aborda temas como la relación entre arte y ciencia o entre moral y progreso, con grandes implicaciones epistemológicas. Aun hoy se rescata la polémica sobre asuntos de gran vigencia como la ingeniería genética o la biomedicina.

**1924: Nace IBM**

En febrero de 1924, el nombre de CTR se cambió oficialmente a International Business Machines Corporation (IBM), para reflejar con mayor precisión las aspiraciones y la misión de la empresa. El nombre fue utilizado por primera vez por la filial canadiense de la compañía en 1917.

**Proyecto para la Endless House, de Frederick Kiesler**

**1927: Elton Mayo propone el concepto de "El efecto Hawthorne", y cambia el paradigma de las relaciones y motivaciones humanas**

Este estudio tuvo como fin comprobar la posibilidad de aumentar la productividad de sus trabajadores modificando las condiciones de iluminación ambiental. La productividad de los trabajadores pareció aumentar en el momento en el que se instauraron los cambios. Al momento de terminar el estudio, los niveles volvieron a los niveles normales. La explicación sugerida fue que la mejora en la productividad no se debió a los cambios operados sobre los niveles de iluminación, sino al efecto motivador que supuso entre los obreros el saber que estaban siendo objeto de estudio.

**Nace Marvin Minsky, en New York, Estados Unidos**

## ERA DE LA INFORMACIÓN

**1928: Nace Gordon Pask, en Reino Unido**

**1931: "El satélite Jameson", cuento de Neil R. Jones**

La temática de este relato propone la fusión de lo biológico y lo tecnológico como soporte de la vida, a través de la creación de vida mediante un cerebro humano y un cuerpo cibernético.

**1934: Casa Dymaxion, de Buckminster Fuller**

La casa Dymaxion fue desarrollada por el inventor estadounidense Buckminster Fuller en los años 30 para corregir muchos fallos que había encontrado en las técnicas de construcción existentes en ese momento. Fuller diseñó muchas versiones diferentes de la casa en momentos diferentes, había kits prefabricados que se ensamblaban in situ diseñados para ser adecuados para cualquier lugar o entorno y para usar los recursos de forma eficiente. Una consideración importante en su diseño fue la facilidad de transporte y ensamblaje.

La palabra Dymaxion es una marca que Fuller empleó para muchas de sus invenciones.

**Nace Cedric Price, en Staffordshire**

**1936: Nace Christopher Alexander, en Viena**

**1938: Aparece el "Lazarsfeld-Stanton Program Analyzer", generando el primer dispositivo de medición de estados de ánimo**

Lazarsfeld fue uno de los principales investigadores de un estudio preelectoral para determinar hasta qué punto se podía cambiar la opinión de los votantes. Su trabajo se basa en la investigación cuantitativa de la audiencia de la radio, mediante el uso de las encuestas de opinión. Las críticas de su trabajo, por su carácter empírico dominante, lo enfrentó a otros planteamientos teóricos.

**Walter Benjamin publica "La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica"**

En esta obra, el autor identifica el aura con la singularidad, la experiencia de lo irrepetible. La reproducción técnica destruye dicha esta originalidad, ya que sólo es posible calibrar el valor ritual de un objeto a partir de su valor exhibido. Al existir múltiples reproducciones, se pierde la originalidad y, en consecuencia, el arte se vuelve un objeto cuyo valor no se puede establecer con respecto a su funcionamiento dentro de la tradición.

**1939: Feria Mundial de New York, cuyo lema es "Construyendo el mundo del futuro"**

Esta feria tuvo el cometido de nuclear una serie de avances científicos y tecnológicos. Una de las exhibiciones que captó más visitantes fue la de la cápsula del tiempo, que no será abierta hasta el año 6939. Esta, contiene manuscritos de Einstein y Mann, diversos números de la revista Life, una muñeca,

un dólar estadounidense, un paquete de cigarrillos Camel, millones de páginas de texto en microfilm, y semillas de diversas especies. Asimismo, se expuso el robot "Elektro".

#### **En la Feria Mundial de NYC, se presenta "Elektro", un autómatas que interactúa con humanos**

"Elektro" fue un robot de algo más de dos metros de altura, 120 kilos de peso y capaz de realizar hasta 26 movimientos diferentes. Este humanoide además era capaz de hablar. Concretamente tenía grabadas alrededor de 700 palabras utilizando un reproductor de discos de 78 rpm. Entre otras de sus capacidades, podía fumar cigarrillos, inflar globos, caminar o mover la cabeza y los brazos. Sus ojos fotoeléctricos podían distinguir entre la luz roja y la verde. Funcionaba basándose en una serie de reproductores de discos, células fotovoltaicas, motores y relés telefónicos.

#### **Vannevar Bush publica "Mechanization and the Record"**

En este texto, el autor describe una máquina capaz de combinar tecnologías de bajo nivel con el propósito de lograr funcionalidades mayores, similares a los procesos del cerebro humano.

#### **1942: Joseph Schumpeter publica "Capitalismo, socialismo y democracia"**

El núcleo central de esta publicación es que los ciclos económicos son la esencia del capitalismo, el fruto de la innovación y la destrucción creativa que reemplaza lo viejo y obsoleto por lo nuevo y eficiente, donde el autor se aleja de todo dogma y atisba la viabilidad del socialismo democrático.

#### **1943: Nace Nicholas Negroponte, en New York**

#### **1944: Nace William J. Mitchell, en Victoria, Australia**

#### **1945: Test de "Trinity" en Alamogordo y lanzamiento de las primeras bombas atómicas como ataque masivo, en Hiroshima y Nagasaki**

Esta "prueba" consistió en la detonación de la primera bomba atómica de la Historia. Los científicos del proyecto Manhattan tenían dudas acerca de la efectividad del arma nuclear que estaban desarrollando así como de la cantidad de energía que liberaría. Se escogió entonces un lugar apartado del campo de pruebas de Alamogordo, Nuevo Mexico, y se ejecutó la detonación. Sus consecuencias perduran hasta hoy.

#### **Konrad Zuse presenta la Z4, una de las tres primeras computadoras digitales, junto a la Mark I y la Univac**

La Z4 fue terminada en 1944, aunque posteriormente fue retocada en numerosas ocasiones añadiéndole una unidad de lectura de tarjetas perforadas. Esta máquina era capaz de reproducir las tarjetas perforadas mediante instrucciones de la propia Z4, con lo que no era demasiado complicado programarla. Esta era una ventaja ya que era posible realizar copias de los programas para poder hacer correcciones. Era capaz de ejecutar 1000 operaciones de coma flotante en promedio por hora. Pesaba unos 1000 kilogramos.

#### **Frederick Hayek publica "The Use of Knowledge in Society"**

En este artículo, el autor se proclama en contra del establecimiento de un Comité Central de Precios (según tesis de Lange) destacando la naturaleza dinámica y orgánica de las fluctuaciones de los precios de mercado, y los beneficios de este fenómeno. Según Hayek, un mercado planificado centralmente nunca podría igualar la eficiencia de un mercado abierto porque cada individuo sólo conoce una parte muy pequeña de todo lo que se conoce colectivamente.

#### **Vannevar Bush publica "As we may think"**

Este artículo de Bush es una versión aumentada del de 1939, y describe una máquina que combinaría tecnología para lograr la organización de conocimiento complejo. Describe una propuesta tecnológica –el memex– que va encaminada a resaltar la importancia de la organización de la información en una era en la que ésta abunda. El memex es un sistema imaginario de gestión personal de información, diseñado como un sofisticado lector de microfilmes con funciones que ningún lector de su época tenía.

#### **1947: Grace Murray Hopper acuña el término "debug"**

Si bien se le ha atribuido a Hopper la primera utilización del término "bug", lo cierto es que ya había sido utilizado en los tiempos de Edison. Sí es posible que Hopper lo haya asociado por primera vez a la informática, en este caso, relacionado con un insecto real. Hopper también empleó en inglés el término "debug" al hablar de la depuración de errores en los códigos de programación, y el término se utiliza hasta hoy.

#### **Inventión del transistor, por John Bardeen, Walter Brattain y William Shockley**

La invención del transistor, desarrollada por John Bardeen, Walter Brattain y William Shockley, revolucionó la electrónica moderna. Este avance tecnológico permitió miniaturizar dispositivos, fomentar la computación y marcar el inicio de la era digital, transformando radicalmente la sociedad contemporánea globalmente.

#### **1948: Claude E. Shannon y Warren Weaver proponen la Teoría de la Información**

Esta teoría está relacionada con las leyes matemáticas que rigen la transmisión y el procesamiento de la información y se ocupa de la medición de la información y de la representación de la misma, así como también de la capacidad de los sistemas de comunicación para transmitir y procesar información. La teoría de la información es una rama de la teoría de la probabilidad que estudia la información y todo lo relacionado con ella: canales, compresión de datos y criptografía, entre otros.

#### **Frederic Calland Williams y Alan Turing. Proposición del principio de la máquina de Turing**

En 1948, con la ayuda de Frederic Calland Williams, se dio, por primera vez, la demostración del principio de la máquina. Mientras Alan Turing se encontraba en Cambridge siguió construyendo el

prototipo piloto del ACE, que ejecutó su primer programa en mayo de 1950. Aunque la versión completa del ACE de Turing jamás fue construida, el diseño de otras computadoras en todo el mundo le debió mucho a su concepción.

#### **Nace la arquitectura de Von Neumann**

La arquitectura de Von Neumann es una arquitectura de computadoras que describe un diseño para un computador digital electrónico con partes que constan de una unidad de procesamiento que contiene una unidad aritmético-lógica y registros del procesador, una unidad de control que contiene un registro de instrucciones, y un contador de programa, una memoria para almacenar tanto datos como instrucciones, almacenamiento masivo externo, y mecanismos de entrada y salida.

#### **"Manchester Baby", el primer programa almacenado de la historia**

"Manchester Baby" fue el primer computador del mundo con programa almacenado. Fue desarrollado en la Universidad de Mánchester y corrió su primer programa el 21 de julio de 1948. La máquina no fue diseñada como un computador práctico, sino que fue diseñada como un banco de pruebas de los tubos Williams, uno de los primeros tipos de memorias de computador. Fue la primera máquina de trabajo que contenía todos los elementos esenciales de un computador electrónica moderno.

#### **Norbert Wiener publica "Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine"**

En este texto, Wiener propone el término "cibernética" por primera vez y se convierte en precursor de la teoría de la comunicación o la psicología cognitiva. Este trabajo será fuente de inspiración de muchos trabajos posteriores.

#### **Nace Ray Kurzweil**

##### **"Los humanoides", cuento de Jack Williamson**

"Los humanoides" cuenta la historia de un grupo de robots llegados desde un remoto planeta. Robots benévolos con el único propósito de servir al hombre en todo momento acabar con las guerras y las enfermedades tanto físicas como espirituales conseguir liberar al ser humano de cualquier daño. Pero su actuación convierte a los hombres en meros espectadores pasivos de un mundo feliz en cuyo desarrollo ya no pueden tomar parte.

##### **"El centinela", de Arthur C. Clarke**

"El centinela" es la historia que da origen a la película "2001. Odisea del espacio", de Stanley Kubrick. La historia trata acerca del descubrimiento de un artefacto en la Luna de la Tierra dejado hace eones por antiguos alienígenas.

#### **1949: Conferencia de Martin Heidegger en Bremen: "La pregunta por la técnica"**

Aquí Heidegger expone algunas ideas fundamentales:

El pensar en lo técnico, dificulta pensar en la esencia de la técnica. La técnica moderna es entonces un medio para un fin. A lo verdadero se puede llegar a través de lo correcto, que en este caso es la instrumentalidad de la técnica. Esta instrumentalidad se puede poner en términos de la causalidad de la técnica, dividida en cuatro dimensiones: la causa material, la causa formal, la causa final y la causa eficiente.

#### **Se emplea por primera vez la cinta magnética como soporte de datos (computadora EDVAC)**

En 1949 Edvac fue la primera computadora que empleó la cinta magnética como medio de almacenamiento de datos, fue de las primeras computadoras que procesaba con sistema binario en lugar de decimal y un lector grabador de cinta magnética.

#### **George Orwell publica la novela distópica "1984"**

La novela, que imagina un futuro distópico situado en el año 1984, construye un paradigma de control social basado en todas las formas de manipulación, desde la conducta hasta el lenguaje, hilvanando así un relato de notable actualidad. El "Gran Hermano" es el poder omnipresente que todo lo controla y lo censura. Esta historia expone los peligros de la pérdida de la libertad.

#### **1950: Primer trasplante exitoso de riñón, en Illinois**

En este cuento, Asimov pone en discusión una vez más la relación entre los hombres y las máquinas, y los objetivos de los robots, cuyo desarrollo deviene en inteligencia artificial emancipada.

##### **Surge Diners Club**

Este sistema de asociación de clientes constituye el antecedente más cercano de las tarjetas de crédito, que años después revolucionarían el consumo.

##### **"El conflicto evitable", cuento de Isaac Asimov**

En este cuento, Asimov pone en discusión una vez más la relación entre los hombres y las máquinas, y los objetivos de los robots, cuyo desarrollo deviene en inteligencia artificial emancipada.

#### **1951: "El último experto", de Philip K. Dick**

"El último experto" explora la idea de un mundo sin gobiernos, tomando como inspiración a Thoreau cuando sostuvo que el mejor gobierno es el que no tiene que gobernar en absoluto.

##### **"Marionetas S.A.", de Ray Bradbury**

"Marionetas S.A." apela a la idea de los fenómenos convergentes, lo humano y lo robótico, desdibujando los límites entre ambos.

#### **1952: "La segunda variedad", de Philip K. Dick**

Narración que establece un paralelismo con la guerra fría apuntando a la utilización de autómatas como arma.

##### **"Limbo", de Bernard Wolfe**

"Limbo" se desarrolla en el entonces lejano 1990, en una sociedad ultra pacifista post tercera guerra

mundial, en la que se proclama la amputación de las extremidades como modo de evitar agresiones. El surgimiento de las prótesis transforma a todos en cyborgs.

**1954: "Progenie", de Philip K. Dick**

Narración breve que expone la idea de la crianza infantil en una sociedad robotizada, dominada por la máquinas, donde la deshumanización se establece como paradigma.

**1955: Teoría de dos pasos, de Katz y Lazarsfeld, germen de las redes sociales**

Es una teoría de la comunicación que busca explicar cómo la información es transmitida a través de los medios de información y cómo el público reacciona ante la misma. Se trata de un proyecto gubernamental de los Estados Unidos para medir la influencia de los medios sobre la actitud de los votantes norteamericanos. La principal idea que plantea esta teoría es la interrelación que tiene el público con los llamados líderes de opinión, proponiendo un sistema indirecto de comunicación y transmisión de información, lo cual contrasta radicalmente con las teorías que se tenían hasta el momento del entendimiento de la interacción público-medios.

**"Autofab", y "Servicio técnico", de Philip K. Dick**

Autofab aborda el alarmante consumismo que acaba con devastar los recursos naturales, el conflicto entre empresas por ellos y la lucha del ser humano por no ser dependientes de estas.

Servicio Técnico, propone la idea de una unidad artificial pero de composición biológica capaz de controlar las emociones de las personas.

**1956: Primer cable transatlántico, inicialmente previsto para 36 conexiones telefónicas**

Se inaugura el primer sistema de cable telefónico trasatlántico submarino, conocido como (TAT-1). Fue instalado entre Gallanach Bay , cerca de Oban , Escocia y Clarenville, Terranova. Los desarrollos que hicieron posible el TAT-1 fueron el cable coaxial, los tubos de vacío muy confiables para los repetidores sumergidos y una mejora general en el equipo portador.

**Arthur C. Clarke publica «La ciudad y las estrellas»**

La novela de Arthur C. Clarke, «La ciudad y las estrellas», se publicó en 1954, veinte años antes de la articulación de la teoría posmoderna. En ella, Diaspar, la última ciudad que hay en la Tierra con mil millones de años de existencia, es una metrópolis gestionada por una Computadora Central. No solo la ciudad es reparada por máquinas, sino que las personas también son creadas por las máquinas. La computadora crea cuerpos para que la gente de Diaspar viva y almacena sus mentes en su memoria al final de sus vidas. Todas las personas que existen actualmente en Diaspar han tenido "vidas" pasadas dentro de Diaspar.

**"La última pregunta", cuento de Isaac Asimov**

"La última pregunta" es una narración breve, que construye la idea de la naturaleza humana y la máquina acaban fundiéndose en una conciencia única.

**"Servir al amo", de Philip K. Dick**

"Servir al amo" continúa la idea de una guerra entre humanos y máquinas en una nueva visión de la libertad.

**"El martillo de Vulcano", de Philip K. Dick**

"El martillo de Vulcano" es una novela paranoica, donde Philip K. Dick imagina un estado totalitario en el que la libertad es una broma absurda y unos robots con forma de martillo aterrizan a los ciudadanos.

**1957: La URSS lanza el Sputnik, primer UAV en el espacio**

La puesta en órbita de este satélite artificial, el primero en la historia, marcó el inicio de la carrera espacial y la exploración del Sistema Solar. En plena guerra fría, el instrumento soviético hizo que EEUU reflexionara sobre su propia capacidad tecnológica.

**Julian Huxley acuña el término "transhumanismo" a través de la mejora del ser humano mediante la ciencia y la tecnología, pero también del ambiente social**

Huxley inventó el término "transhumanismo" apuntando a que los seres humanos deben mejorarse a través de la ciencia y la tecnología, quizás incluyendo la eugenesia pero también la mejora del ambiente social.

**Von Neumann propone por primera vez la idea de la singularidad**

El primer uso del término "singularidad" se le atribuye al matemático y físico húngaro John von Neumann. Refiere a los avances cada vez más acelerados de la tecnología y los cambios en el modo de la vida humana. Esto sugiere que se acerca una singularidad esencial en la historia más allá de los asuntos humanos, tal como los conocemos.

**1958: Jack E. Steele acuña el término "biónico"**

Jack E. Steele sostiene que una vez descubierto el funcionamiento real de los sistemas vivos, se podría materializar en las máquinas. Esto podría dar a entender que Leonardo Da Vinci fue el primer ingeniero biónico, ya que estudió los principios de funcionamiento de los seres vivos para aplicarlos en el diseño de máquinas.

**John Von Neumann publica "The Computer and the Brain"**

¿Cuáles son las componentes lógicas de los procesos que un ordenador deberá realizar? ¿Y las componentes de los procesos de un cerebro humano? ¿Qué es lo que la máquina necesita "recordar"? ¿Y el cerebro? ¿Es posible producir un autómatas que se reproduzca a sí mismo? Estas son algunas de las interrogantes que plantea Von Neumann en este libro.

### **Gilbert Simondon publica su tesis "La individuación a la luz de las nociones de forma y de información"**

La "individuación". Este término tiene una larga tradición filosófica y se refiere a aquello que hace de un individuo algo absolutamente único. Simondon, integra devenir y singularidad en su teoría, atendiendo a las condiciones en las que el individuo se individualiza, observando la totalidad de relaciones que intervienen en este proceso y no solo el producto de dicha individuación. De hecho, para él no existen individuos, que serían una interrupción del devenir, sino realidades preindividuales, transindividuales o interindividuales, y es en este lugar donde reside su singularidad.

### **1959: Pierre Teilhard de Chardin publica "El futuro del hombre"**

Teilhard introduce el concepto de la "noósfera", y teniendo al futuro de la humanidad como centro de sus preocupaciones, estudia los pasos del hombre a través de su evolución. Teilhard rechaza todo dualismo materia-espíritu y presenta un concepto de materia que incluye en sí misma una dimensión espiritual.

### **1960: Manfred Clynes y Nathan Kline acuñan el término "cyborg"**

Los científicos Manfred E. Clynes y Nathan S. Kline crearon el término cyborg para definir a un hombre "mejorado" que podría sobrevivir en una atmósfera extraterrestre gracias a modificaciones fisiológicas y psicológicas, obtenidas mediante fármacos y cirugías; un proceso que llamaron "tomar parte activa en la evolución biológica". Es una contracción de "cybernetic organism".

### **Reyner Banham publica "Teoría y diseño en la primera era de la máquina"**

Banham estudia la formación de actitudes, formas y temas característicos de los artistas y arquitectos europeos que, entre 1900 y 1930, vieron su trabajo confrontado con los nuevos adelantos tecnológicos de la primera era de la máquina. La exhaustiva argumentación de Banham, que toma la máquina como registro metafórico, parte del sistema planteado por la escuela de Beaux-Arts, examina entre otras las contribuciones del futurismo, De Stijl, el cubismo y el expresionismo, y finaliza en la Bauhaus.

### **1961: "La máquina que ganó la guerra", de Isaac Asimov**

Una vez más, Asimov apela a la super computadora Multivac, como una inteligencia artificial cuyas decisiones se exponen como contrapunto de las decisiones humanas.

### **1962: Bell Dataphone lanza el primer módem digital, interconectando equipos mediante líneas telefónicas**

El Bell 101 dataset no sólo fue el primer módem comercial, sino que también fue el primer dispositivo electrónico en utilizar ASCII, que utilizaba 8 bits en lugar de los 6 bits que usaba Baudot, el sistema predominante de 6 bits usado entre 1908 y 1962.

**Nace Nick Land, en Reino Unido**

### **1964: Christopher Alexander publica "A much asked question about computer and design", en el BAC**

El punto principal en este ensayo sigue siendo relevante: para explorar completamente el potencial de cualquier arquitectura computacional, inicialmente hay que dejar la computadora a un lado. Proclama la necesidad de pensar detenidamente y a fondo cualquier problema de diseño antes de intentar calcularlo mecánicamente.

**Nace Sadie Plant**

### **1965: Ted Nelson propone el concepto de "Hipertexto"**

Ted Nelson es el primero en utilizar la palabra hypertext a través de su propuesta "Xanadu", un sistema que permite que un mismo documento aparezca en múltiples contextos sin tener que haber sido duplicado.

### **Ley de Moore**

La ley de Moore no es estrictamente una ley, sino una constatación empírica. Expresa que aproximadamente cada dos años se duplica el número de transistores en un microprocesador. A pesar de que la ley originalmente fue formulada para establecer que la duplicación se realizaría cada año, posteriormente Gordon Moore redefinió su ley y amplió el período a dos años.

### **"Eliza" es el primer chatbot, realizado por Joseph Weizenbaum. Una tecnología capaz de simular una conversación**

Eliza es el primer chat bot. Fue creado por Joseph Weizenbaum del MIT, partiendo de esa idea de máquinas capaces de comportarse como humanos. Se trata de un programa que pretendía ser capaz de engañar a los humanos haciéndoles creer que estaban hablando con otra persona.

**Fallece Frederick John Kiesler, en New York**

### **1966: Pierre Bézier inicia los fundamentos del CAD**

Bézier desarrolló un sistema de diseño asistido por ordenador denominado UNISURF CAD, patentado en 1968. Al final de su carrera pudo concentrarse en la modelización de superficies.

**Oxford Corner House, Proyecto de Cedric Price**

### **1967: Nace el Architecture Machine Group (AMT) fundado por Nicholas Negroponte y León Groisser**

Fundado por Nicholas Negroponte and Leon Groisser, fue un laboratorio que mezcló arquitectura, ingeniería, e informática en una nueva visión de la investigación en proyecto y enseñanza. Estuvo activo hasta 1985.

### **Stanley Milgram propone el experimento de 6 grados de separación**

El experimento de Milgram fue una serie de experimentos de psicología social llevada a cabo por

Stanley Milgram en la Universidad de Yale. El fin de la prueba era medir la disposición de un participante para obedecer las órdenes de una autoridad aun cuando estas pudieran entrar en conflicto con su conciencia personal.

#### **Guy Debord publica "La sociedad del espectáculo"**

Debord traza el desarrollo de una sociedad moderna en la que "Todo lo que una vez fue vivido directamente se ha convertido en una mera representación". Debord argumenta que la historia de la vida social se puede entender como "la declinación de ser en tener, y de tener en simplemente parecer". Esta condición en la cual la vida social auténtica se ha sustituido por su imagen representada, según Debord, que "el momento histórico en el cual la mercancía completa su colonización de la vida social".

#### **Marvin Minsky publica "Computación: máquinas finitas e infinitas"**

##### **"La raza feliz", de John Sladek**

El relato narra cómo los seres humanos han sido esclavizados por las máquinas. No es exactamente una rebelión de las máquinas, sino que éstas los han protegido de los peligros que los rodean hasta que, prácticamente, quedan reducidos a la nada, sin voluntad propia.

##### **Fun Palace, Proyecto de Cedric Price**

#### **1968: Exposición "Cybernetic Serendipity" en el Institute for Contemporary Arts de Londres**

##### **Gilles Deleuze publica su tesis "Diferencia y repetición"**

Diferencia y repetición hace una crítica de la subordinación de la diferencia a la identidad, en la que Deleuze desarrolla los conceptos de diferencia en sí misma y repetición para sí misma, ambos anteriores a la identidad. Este trabajo está influenciado por pensadores metafísicos como Spinoza, Leibniz y Bergson.

##### **Nace Mark Fisher, en Reino Unido**

##### **"Do androids dream of electric sheep?", novela de Philip K. Dick**

La historia sigue a Rick Deckard, un cazador de recompensas afiliado a la policía de San Francisco que se dedica a "retirar" (matar) androides humanos que se han escapado de las colonias de Marte y que buscan refugio en la Tierra para escapar de la "esclavitud" (como ellos mismos dan a entender) en la que vivían. La novela integra la tecnología futurista, la idea de la no diferenciación entre humanos y máquinas (androides), y un trasfondo místico-religioso que pasará por algo la película "Blade Runner" años después.

##### **"2001, Odisea del espacio", de Stanley Kubrick**

"2001: Odisea del espacio" es una película la ciencia ficción dirigida por Stanley Kubrick. Está inspirada en El centinela, cuento del escritor y también guionista de la cinta Arthur C. Clarke. La película supone un "viaje" a través de diferentes periodos de la historia de la humanidad, desde su origen más primitivo hasta la proliferación de la inteligencia artificial. En su momento, 2001: Odisea del espacio rompió todos los esquemas del género y se convirtió en un fenómeno cultural.

#### **1969: Nacimiento de ARPANET, conectando cuatro universidades en Estados Unidos**

ARPANET fue una red de computadoras creada como medio de comunicación entre las diferentes instituciones académicas y estatales. El primer nodo fue creado en la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA), y fue la espina dorsal de Internet hasta 1990, tras finalizar la transición al modelo de protocolos TCP/IP, iniciada en 1983. ARPANET son las siglas de Advanced Research Projects Agency Network, es decir, la Red de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada.

##### **Surgimiento del Sistema UNIX, por parte de Ken Thompson y Dennis Ritchie**

UNIX es un sistema operativo portable, multitarea y multiusuario. Fue desarrollado en 1969 por los laboratorios Bell de AT&T.

##### **Gordon Pask publica "The architectural relevance of cybernetics"**

En su escrito, Pask destaca la influencia de la cibernética en el desarrollo del diseño, y cómo el controlador (el arquitecto) puede bajo ciertas leyes tener control completo del diseño.

##### **Ludwig G. Bertalanffy publica "Teoría general de los sistemas"**

La teoría general de sistemas afirma que las propiedades de los sistemas no pueden describirse significativamente en términos de sus elementos separados. Los sistemas existen dentro de sistemas, y abiertos. Las funciones de un sistema dependen de su estructura.

#### **1970: Surge el Palo Alto Research Center (PARC), como extensión de Xerox, y allí surge el concepto de GUI**

PARC es una empresa propiedad de Xerox. Fue fundada inicialmente como una división de investigación. Desde entonces ha sido reconocida mundialmente por sus contribuciones e importantes desarrollos en la industria del hardware y software y es creadora de algunos de los estándares actuales más comúnmente usados. PARC ha sido responsable de desarrollos bien conocidos e importantes tales como la impresión por láser, el estándar Ethernet, la interfaz gráfica de usuario (GUI), la metáfora de escritorio, la programación orientada a objetos, la computación ubicua, aplicaciones de silicio amorfo, avances en el desarrollo del dispositivo apuntador ratón o mouse y los semiconductores de muy alta escala de integración.

##### **Masahiro Mori propone la idea de "valle inquietante"**

El "valle inquietante" es una hipótesis en el campo de la robótica que afirma que cuando las réplicas antropomórficas se acercan en exceso a la apariencia y comportamiento de un ser humano real, causan una respuesta de rechazo entre los observadores humanos.

#### **1971: Intel presenta el primer microprocesador, el Intel 4004**

Primer procesador de 4 bits producido comercialmente por Intel, y primero en estar disponible en una

calculadora de escritorio. Diseñado por Federico Faggin, Tedd Hoff y Stan Mazor.

**1972: "Pong", programado por Allan Alcorn, de Atari, nace como el primer videojuego comercial, y con él, el concepto de arcade**

Pong es un videojuego clásico, nacido desde la compañía Atari, que incorpora el sentido lúdico a la computación, acercándola así a un público más amplio.

**Marvin Minsky publica "“Inteligencia artificial”"**

El padre de la inteligencia artificial es uno de los responsables del gran empuje del laboratorio del MIT a la industria de la computación y el diseño de software. Mantenía que el código informático debía compartirse libremente, y cuya defensa constituye el moderno movimiento del software libre. Estos trabajos fueron las bases de muchos aspectos de los sistemas informáticos, el software y la robótica actual.

**1973: Se patenta el identificador de frecuencia remota (RFID)**

RFID es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas o transponders RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio.

**Daniel Bell publica "The coming of post-industrial society"**

Se plantean aquí algunas ideas relevantes acerca de la "sociedad posindustrial", definiéndola como aquella donde la mayoría de los empleados no están implicados en la producción de mercancías materiales.

**Nace Nick Bostrom, en Goteburg, Suecia**

**"Crash". Novela de G. Ballard**

Se trata de una lectura inquietante, por momentos repugnante, que reivindica la aceleración y el fetiche sexual de los humanos con las máquinas, y con la utilización de prótesis, suplantando partes perdidas del cuerpo.

**"Soylent green", película de Richard Fleischer**

Soylent Green es una historia de dominación tecno-política a través del control alimentario de la población. Una distopía futurista que pronostica un porvenir de lucha por la calidad de la alimentación.

**1974: La Universidad de Stanford patenta el ADN recombinado, permitiendo la manipulación genética entre especies**

Las moléculas de ADN recombinante (ADNr) están formadas mediante métodos de laboratorio conocidos como recombinación genética, para juntar material genético de diversos medios, creando secuencias de DNA que no se encuentran de otra manera en el genoma.

**Protocolos TCP/IP**

El modelo TCP/IP es una descripción de protocolos de red creado por Vinton Cerf y Robert E. Kahn. Fue implantado en la red ARPANET, la primera red de área amplia (WAN), desarrollada por encargo de DARPA, y predecesora de Internet. Por esta razón, a veces también se le llama modelo DoD o modelo DARPA.

**Paik propone el término "electronic super highway"**

Así describe el artista coreano el futuro de las telecomunicaciones

**"Los próximos 10.000 años", obra de Adrian Berry**

Un clásico de la futurología más entusiasta, que invita a pasearse por un espléndido futuro tecnológico y de crecimiento económico imparable. Diez mil años a lo largo de los cuales el Hombre irá modelando el Universo a su gusto, sirviéndose de las leyes de la Física y de unos posibilidades tecnológicas cada vez mayores.

**1975: John Holland publica "Genetic algorithms"**

Mediante el uso de un lenguaje de producción apropiado (basado en reglas), Holland sostiene que incluso es posible construir modelos sofisticados de cognición en los que el algoritmo genético, aplicado a las producciones, proporcione al sistema los medios para aprender de la experiencia. Entre las propiedades más importantes que exhiben se encuentran: la capacidad de modificar y desarrollar secuencias de decisión y acción cuando la recompensa o la retroalimentación sobre el desempeño ocurre solo después de largas secuencias de acción dependiente del contexto; y la capacidad de generar un modelo para el entorno basado en la experiencia del sistema, un modelo utilizable para la anticipación y la predicción.

**1976: Steve Jobs y Steve Wozniak fundan Apple Inc.**

Apple es una de las empresas tecnológicas más innovadoras y revolucionarias en cuanto a UX/UI y diseño de sistemas. Ha acercado la informática de diseño al gran público y ha construido tendencia desde su creación.

**Nace Neri Oxman, en Haifa, Israel**

**1977: Christopher Alexander publica "A pattern language"**

Se trata de un libro sobre arquitectura, escrito por Christopher Alexander, Sara Ishikawa y Murray Silverstein del Center for Environmental Structure de Berkeley (California), con créditos de autoría también para Max Jacobson, Ingrid Fiksdahl-King y Shlomo Angel. El libro es una discusión sólida e ilustrada de un lenguaje de patrones derivado de la arquitectura tradicional.

**Nace Reza Negarestani, en Irán**

### "Amor verdadero", de Isaac Asimov

Entender el amor desde la comprensión de una máquina. Reflexionar sobre la condición humana, pero desde los ojos fríos de un androide, un monstruo o un alienígena. A veces es necesaria la mirada ajena para ver mejor aquello que estaba a la vuelta de la esquina.

### "Engendro mecánico", película de Donald Cammell

"Engendro mecánico" es una película basada en la novela de Dean R. Koontz, donde se reflexiona en torno a la procreación humana a partir de la voluntad de una máquina, como forma de acercamiento a la inmortalidad.

### 1979: Conferencia de Cedric Price. "Technology is the answer... but what was the question?"

Cedric Price, en un muy logrado intento de provocación, había sostenido en una conferencia de 1966: "la tecnología es la respuesta, pero ¿cuál era la pregunta?", con la intención de invitar al público de su conferencia a buscar, cuestionar y reconsiderar el impacto del progreso tecnológico en la arquitectura. En 1979 publica el libro homónimo, y su pregunta es tan relevante hoy como esa época.

### Hipótesis GAIA de James Lovelock

La hipótesis de Gaia de James Lovelock y Lynn Margulis afirma que el planeta Tierra en su totalidad, incluyendo seres vivos, océanos, rocas y atmósfera, funciona como un super-organismo que modifica activamente su composición interna para asegurar su supervivencia.

### Se lanza la primera versión de Interact CAD, precursor de AutoCAD

Interact CAD, también conocido en los primeros documentos de Autodesk como MicroCAD, fue escrito antes de Autodesk (entonces Marinchip Software Partners) por el cofundador de Autodesk Michael Riddle.

### "The Generator", Proyecto de Cedric Price

### 1980: Sinclair Research lanza el ZX80, "el ordenador más barato del mundo"

El Sinclair ZX80 fue un computador personal comercializado a partir de 1980 por Science of Cambridge. Diseñado por Sir Clive Sinclair, fue notable por ser la primera computadora disponible en el Reino Unido a un costo muy bajo. Se comercializaba como un kit, los compradores tenían que ensamblarlo y soldar las piezas. El ZX80 fue muy popular en su tiempo, y precursor de la edad de oro de los 8 bits.

### "Mil mesetas". Gilles Deleuze y Félix Guattari

"Mil mesetas" es el segundo volumen de Capitalismo y esquizofrenia. El libro está escrito en una serie de "mesetas", un concepto derivado de Gregory Bateson, identificadas por una fecha y un título particular. Cada una se refiere a una era o fecha que haya tenido un rol central en el mundo. El libro refleja el rechazo de Deleuze y Guattari hacia la organización jerárquica arborescente en favor de un crecimiento rizomático menos estructurado. Un concepto central del libro opone la máquina de guerra nómada al aparato estatal. En la última meseta se invoca la mecanósfera.

### 1981: Se funda ACADIA (Association for Computer Aided Design in Architecture)

La Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA) surge como una red internacional de investigadores y profesionales del diseño digital. Su cometido es el de generar investigaciones críticas sobre el papel de la computación en la arquitectura, la planificación y la ciencia de la construcción, fomentando la innovación en la creatividad del diseño, la sostenibilidad y la educación.

### Descubrimiento del HIV

El 5 de junio de este año el Center for Disease Control and Prevention (CDC) de Estados Unidos detecta por primera vez el virus del HIV.

### Se funda el Chaos Computer Club en Berlín Occidental

El Chaos Computer Club es la mayor asociación de hackers de Europa. Tiene su sede en Berlín y se extiende a otros países de habla alemana. Los distintos temas de interés del Club de Computación Caos según su página web son: Hacking, Ciencia, Sociología y Cultura Hacker. Como organización, se ha anticipado al rol que tendría la informática en la forma en que la gente vive y se comunica. Es ampliamente conocido por las demostraciones públicas de problemas de seguridad.

### Sinclair Research actualiza el ZX81

El ZX81 fue el computador de menor precio de la época. Era la versión mejorada del ZX80, comercializado el año anterior. La carcasa era negra, con un teclado de membrana. La apariencia definitiva de la máquina fue el trabajo del diseñador industrial Rick Dickinson. La salida de vídeo, como en el ZX80, era hacia un televisor por medio de un modulador de radiofrecuencia, y los programas se leían y se guardaban a través de un grabador de casetes común usando cintas magnéticas de audio.

### IBM lanza el IBM PC

Este lanzamiento marca el inicio de la computación personal, introduciendo la computación como actividad en el hogar.

### Microsoft lanza su primera versión de MS-DOS

MS-DOS se desarrolló a partir de QDOS, Quick Disk Operating System, también conocido como 86-DOS. Su desarrollo se inició oficialmente en 1981 y fue lanzado en 1982 como MS-DOS 1.0. Tuvo ocho versiones principales y alcanzó gran difusión, pero fue gradualmente reemplazado por S.O que ofrecían una interfaz gráfica de usuario (GUI), en particular, por varias generaciones del sistema operativo Microsoft Windows.

### Paul Benioff sienta las bases para el paradigma de la computación cuántica

Las ideas esenciales de la computación cuántica surgieron de la mente de Paul Benioff, quien trabajaba en el Argonne National Laboratory, en Illinois, Estados Unidos. Imaginó un ordenador tradicional (máquina de Turing) que trabajaba con algunos principios de la mecánica cuántica.

### **Vernor Vinge publica "True names", mezclando elementos de transhumanismo, anarquismo, y dando pistas sobre el paradigma de la singularidad**

Se trata de una novela de ciencia ficción del escritor estadounidense Vernor Vinge, una obra fundamental del género cyberpunk. Es una de las primeras historias en presentar un concepto completamente desarrollado del ciberespacio, que luego sería central para el ciberpunk.

### **"Tron", película de Steven Lisberger**

Fue una de las primeras películas producidas por los grandes estudios de cine en usar la técnica de computación gráfica de manera importante. Aunque la película inicialmente no tuvo éxito, se ha ganado el estatus de película de culto debido al uso de sus gráficos generados por computadora, siendo el preludio de un nuevo subgénero en la ciencia ficción, la realidad virtual, inspirando asimismo varios videojuegos posteriores.

### **1982: La revista Time proclama "Hombre del Año" a la PC IBM**

Por primera vez, la popular revista selecciona como "Hombre del año" a un elemento no humano. En este caso, la Personal Computer de IBM.

### **Se lanza el ZX Spectrum en Reino Unido**

El ZX Spectrum fue la primera computadora para el mercado doméstico no especializado, y la puerta de entrada a la programación de la generación X. Inicia la edad de oro de los 8 bits en lugares como España, Reino Unido y varios países de Latinoamérica.

### **"Quemando cromo", cuento de William Gibson, que introduce el concepto de "ciberespacio"**

La palabra "ciberespacio" es utilizada por primera vez en este relato de Gibson, que se integra con su obra posterior, y con la de otros autores. Asimismo, modela un entorno de hibridación cibernética entre lo humano y lo maquínico.

### **Blade Runner, película de Ridley Scott basada en la novela de Dick de 1968**

"Blade Runner" es una película de Ridley Scott, basada en la novela "Do androids dream of electric sheep?" de Philip K. Dick. Al margen de buscar emular la atmósfera de la novela, posee elementos innovadores propios que la han transformado en una película de culto.

### **1983: Se funda eCAADe (Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe)**

La eCAADe es una asociación sin fines de lucro de instituciones y personas con un interés común en promover las buenas prácticas y compartir información en relación con el uso de computadoras en la investigación y educación en arquitectura y profesiones relacionadas.

### **Surge el movimiento del Software Libre. Richard Stallman inicia el proyecto GNU**

Se trata de un movimiento social de corte tecnológico con el objetivo de obtener y garantizar las libertades que permitan a los usuarios de software ejecutarlo, estudiarlo, cambiarlo y redistribuir copias del mismo con o sin cambios. Sobre la base de las tradiciones y filosofías de la cultura hacker, Richard Stallman fundó formalmente el movimiento con el lanzamiento del Proyecto GNU. Posteriormente estableció la Fundación del Software Libre en 1985 para apoyar el movimiento. La meta es dar libertad a los usuarios, y generar conciencia reemplazando el software privativo por software libre.

### **Donna Haraway escribe el "Manifiesto Cyborg"**

El texto de Haraway generó controversia en el universo feminista por su propuesta de "erradicar el género" como noción y sus reflexiones sobre la noción de "cyborg", en donde se concibe al ser contemporáneo como un ser fusionado-confundido entre humano-máquina, que no necesita de distinciones. Este concepto es, para Haraway, un rechazo a los límites rígidos, especialmente aquellos que separan lo "humano" de lo "animal" y lo "humano" de la "máquina".

### **Natasha Vita-More difunde el "Manifiesto transhumano"**

El manifiesto se encuadra en el marco científico y tecnológico de la mejora humana y la extensión de la vida. Sus postulados se centran en los usos éticos de la ciencia y la tecnología y las implicaciones sociopolíticas de los avances revolucionarios que afectan el futuro de la humanidad.

### **eCAADe - "Proceedings of the International Conference"**

### **1984: Graphisoft, en Hungría, crea el concepto de Virtual Building (Edificio Virtual), que devendría años después en la idea de BIM**

El concepto de edificio virtual de GRAPHISOFT representó un hito en el desarrollo CAD y se estableció a la vanguardia de la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción con un nuevo nombre: Modelado de información de construcción, o simplemente, BIM.

### **"Mentes, cerebros y ciencia", de John Searle**

La tesis central de la inteligencia artificial fuerte es que los procesos realizados por una computadora son idénticos a los que realiza el cerebro, y por lo tanto se puede deducir que, si el cerebro genera consciencia, también las computadoras deben ser conscientes. Searle propone frente a esto el experimento de la "habitación china".

### **"Order out of Chaos: Man's new dialogue with nature", de Ilya Prigogine e Isabelle Stengers**

Este libro generó un debate importante tanto en Europa como en América. Stengers y Prigogine muestran cómo los dos grandes temas de la ciencia clásica, el orden y el caos, que convivieron con inquietud durante siglos, se concilian en una síntesis nueva e inesperada.

### **"Neuromancer", novela icónica de William Gibson**

Neuromancer es una novela icónica del género cyberpunk. El título proviene de la composición de los términos "neuro" (mental) y "mante" (sujeto o actor de "mancia", que significa adivinación y por extensión magia). El universo construido en esta obra será continuado en distintas visiones y prefiguraciones del futuro hasta hoy.

### **Publicidad orwelliana de Apple durante el SuperBowl**

Ridley Scott dirigió el comercial promocional del Macintosh de Apple, recreando una atmósfera orwelliana, donde la máquina (la Macintosh) representaba un modo de liberación.

### **"Terminator", película de James Cameron**

La película, dirigida por James Cameron, postula un futuro apocalíptico donde las máquinas han alcanzado la conciencia y han decidido terminar con la especie humana.

eCAADe - Tema: "Third European Conference"

### **1985: Se funda CAADFutures**

CAADFutures se creó con el propósito de promover, a través de conferencias y publicaciones internacionales, el avance del Diseño Arquitectónico Asistido por Computadora al servicio de aquellos preocupados por la calidad del entorno construido.

### **Philips y Sony lanzan el primer CD-ROM, como nuevo soporte de datos**

El CD-ROM fue un disco compacto que empleaba un haz de luz láser para leer información en formato digital. El CD-ROM estándar fue establecido en 1985 por Sony y Philips. A partir de este hito, se comenzó a utilizar la expresión "quemar" para grabar contenidos digitales, haciendo referencia al efecto de la luz láser sobre el disco. Años después esta tecnología fue sustituida por el DVD-ROM, similar pero con mayor capacidad.

### **Serie de televisión "Max Headroom: 20 minutes into the future"**

La serie contó con características innovadoras y un estilo futurista con evidentes influencias del movimiento cyberpunk, para presentar una inteligencia artificial en un futuro donde una oligarquía de corporaciones tecnológicas domina el mundo.

eCAADe - Sin Proceedings

ACADIA - Sin tema específico

CAADFutures - Tema: "Computer-Aided Architectural Design Futures"

### **1886: William Mitchell publica "City of Bits Space, Place, and the Infobahn"**

City of Bits es una introducción a un nuevo tipo de ciudad, un sistema cada vez más importante de espacios virtuales interconectados por las redes de información. Mitchell hace un amplio uso de ejemplos prácticos e ilustraciones en un examen técnicamente bien fundamentado pero accesible de la arquitectura y el urbanismo en el contexto de la revolución de las comunicaciones digitales, la miniaturización en curso de la electrónica, la mercantilización de bits y el creciente dominio del software llevado a su forma material.

eCAADe - Tema: "Teaching and Research with CAAD"

ACADIA - Sin tema específico

### **1987: Marvin Minsky publica "La sociedad de la mente"**

Se trata de una colección de reflexiones fundamentales, expresada en su esencia instructiva. Minsky supone que una "mente" no es una única y eficiente máquina de toma de decisiones, sino una colección de muchas de máquinas, a la que llama agentes. Cada agente, por sí mismo, es simple y especializado, pero a través de un proceso de cooperación y competencia entre ellos, los agentes forman una comprensión colectiva del mundo. Esto da lugar a una inteligencia emergente guiada por supuestos preprogramados, pero no restringida por ellos.

### **"Robocop", película de Paul Verhoeven**

Película de ciencia ficción que vincula lo cyborg, la hibridación hombre-máquina, en un paradigma de vigilancia y seguridad, con una violenta aura de redención.

eCAADe - Tema: "Architectural Education and the Information Explosion"

ACADIA - Tema: "Integrating Computers into the Architectural Curriculum"

CAADFutures - Sin tema específico

### **1988: James Hansen inicia la concientización sobre el calentamiento global**

Se considera que Hansen fue el primero en alertar a la gente de los efectos del calentamiento global cuando en 1988 ante una Comisión del Congreso de Estados Unidos declaró que "estaba un 99% seguro" de que el aumento brusco de las temperaturas estaba vinculado con la actividad humana.

### **"El pliegue. Leibniz y el Barroco". Gilles Deleuze**

Deleuze plantea el pliegue como una constante de todos los períodos artísticos, y ensalza al Barroco como el que lo condujo hasta sus límites. Expone la filosofía de Leibniz y encuentra su justificación en que, en ella, todo se pliega, se despliega y se repliega. Deleuze se dedica a seguir la historia del pliegue infinito en todas las artes. Una especie de neoleibnizianismo que no ha dejado de inspirar a las más diversas teorías filosóficas.

Muere Reyner Banham, en Londres

### **"Akira", película de Katsuhiro Otomo**

"Akira" es una película de anime post-apocalíptica dirigida por Katsuhiro Otomo, adaptación del manga homónimo también del mismo creador. Desde su lanzamiento, ha recibido un largo reconocimiento como película de culto y una de las mejores películas de animación y ciencia ficción de todos los tiempos.

ACADIA - Tema: "Computing in Design Education"

## ERA DEL CONOCIMIENTO

### 1989: Paradoja de Moravec

Se trata del descubrimiento en el campo de la inteligencia artificial (IA) y la robótica de que, de forma anti-intuitiva, el pensamiento razonado humano (el pensamiento inteligente y racional) requiere relativamente poca computación, mientras que las habilidades sensoriales y motoras, no conscientes y compartidas con otros muchos animales, requieren de grandes esfuerzos computacionales. Este principio fue postulado por Hans Moravec, Rodney Brooks, Marvin Minsky y otros.

### GNU General Public License (GPL)

La GPL fue creada por Richard Stallman en 1989 para proteger los programas liberados como parte del proyecto GNU. La GPL original se basó en la unificación de licencias similares utilizadas en versiones anteriores de GNU Emacs, GNU Debugger y de GNU C Compiler. Estas licencias contenían disposiciones similares a las actuales GPL, pero eran específicas para cada programa, haciéndolos incompatibles, a pesar de ser la misma licencia. El objetivo de Stallman era producir una licencia que pudiera ser aplicada a cualquier proyecto, por lo que es posible utilizarlas en muchos proyectos para compartir código.

### Tim Berners-Lee desarrolla la primera comunicación exitosa mediante http

Berners-Lee estableció la primera comunicación entre un cliente y un servidor usando el protocolo HTTP.

### "Ghost in the shell". Manga de Masamune Shirow

En un futuro hipotético, alrededor del 2029, la humanidad ha sido capaz de incorporar implantes cibernéticos en sus cuerpos, aumentando las capacidades naturales del ser humano. Este manga construye un mundo donde la cibernización es habitual y los robots son imitaciones extremadamente idénticas a los hombres. Todos están conectados a través de sus ghost - alma en español -, a una suerte de internet o ciberespacio donde se encuentran todos los datos creados por la sociedad.

eCAADe - Tema: "Education Research and Practice"

ACADIA - Tema: "New Ideas and Directions for the 1990s"

CAADFutures - Tema: "The Electronic Design Studio"

### 1990: Surge el lenguaje de programación Python, cuyo autor es Guido van Rossum

Python es uno de los lenguajes de programación dinámicos más versátiles que existen, junto a Perl, Tcl, PHP y Ruby. Se trata de un lenguaje de propósito general, usado para todo, desde simples "scripts", hasta grandes servidores web que proveen servicio ininterrumpido. Es utilizado para la programación de interfaces gráficas y bases de datos, programación web y "testing" de aplicaciones. Es aceptado tanto para usos científicos duros como para iniciación a la programación.

### Ray Kurzweil publica "La era de las máquinas inteligentes"

Este es un libro profético. En él, Kurzweil predice el auge de Internet, la desaparición de la Unión Soviética por causa de las nuevas tecnologías como los smartphones, que restarían poder a los gobiernos autoritarios eliminando el control del estado sobre el flujo de la información. Predijo también que las computadoras derrotarían a los mejores jugadores de ajedrez humanos hacia 1998. De hecho, esto ocurrió en 1997 cuando el Kasparov fue derrotado Deep Blue.

eCAADe - Sin Proceedings

ACADIA - Tema: "From Research to Practice"

### 1991: Linus Torvalds lanza la primera versión de Linux, sobre el sistema Unix

Linus Torvalds lanza la primera versión de Linux capaz de ejecutar BASH (Bourne Again Shell) y el compilador conocido como GCC (GNU Compiler Collection). Ya en 1992, se adoptó la Licencia Pública General (GPL) para Linux. Esta añade libertades de uso a Linux totalmente opuestas a las del software propietario, permitiendo su modificación, redistribución, copia y uso ilimitado. En cierto modo, inicia el auge del software libre.

### "Terminator 2", saga de James Cameron

Secuela de "The Terminator" de 1984, dirigida por James Cameron. Si bien el argumento ya no es novedoso, se trata de una de las primeras películas que integra animaciones CGI con la realidad filmada, construyendo una realidad mixta de altísima calidad.

eCAADe - Tema: "Experiences with CAAD in Education and Practice"

ACADIA - Tema: "Reality and Virtual Reality"

CAADFutures - Sin tema específico

### 1992: "Pez Dorado". Frank Gehry. Barcelo, España

ACADIA - Tema: "Mission - Method - Madness"

eCAADe - Tema: "CAAD Instruction: The New Teaching of an Architect"

### 1993: Nace GeoCities, la primera "red social", que luego sería adquirida por Yahoo

GeoCities fue un servicio de hosting gratuito, que por sus características se constituyó un antepasado de las redes sociales.

### John H. Frazer publica "The architectural relevance of cybernetics", tomando el título de Gordon Pask

El título de este trabajo de Frazer está tomado del artículo homónimo de Gordon Pask en Architectural Design de 1969. Construye una serie de preguntas que busca responder. ¿Cómo llegó Pask a escribir para una publicación de arquitectura? ¿Cuál fue su contribución a la arquitectura? ¿Cómo llega ahora a formar parte de la facultad de una escuela de arquitectura? ¿Y cuál es realmente la relevancia arquitect-

tónica de la cibernética?  
eCAADe - Tema: "Education in Computer Aided Architectural Design"  
ACADIA - Tema: "Education and Practice: The Critical Interface"  
CAADFutures - Sin tema específico

#### 1994: Nace Yahoo

Yahoo nació un directorio de otros sitios web, organizados en una jerarquía, a diferencia de un índice de páginas con capacidad de búsqueda. Más adelante incorporó otras funcionalidades y servicios.

#### Manuel Castells indica este año como el nacimiento de la Internet comercial

En su texto "La galaxia Internet", Manuel Castells define esta fecha como el lanzamiento de la Internet comercial, de acceso abierto.

#### Nace Amazon

Jeff Bezos creó la compañía Cadabra en 1994. Cambió el nombre a Amazon un año más tarde. Bezos compró además la URL Relentless.com y brevemente, la tienda en línea tuvo el nombre de Relentless, pero posteriormente cambió su nombre a Amazon.com un año después.

#### Aparece Netscape, primer navegador gratuito

Netscape fue un navegador gratuito. Su disponibilidad libre se dio porque la empresa tenía en sus políticas la noción de que el software para Internet no debía tener coste. Fue el inicio de una época donde la accesibilidad a la red se incrementó notablemente, en especial gracias a este navegador.

#### Barner-Lee funda el W3C Consortium

En octubre de este año, Barner-Lee fundó el Consorcio de la World Wide Web (W3C) con sede en el MIT, para supervisar y estandarizar el desarrollo de las tecnologías sobre las que se fundamenta la Web y que permiten el funcionamiento de Internet.

#### eCAADe - Tema: "The Virtual Studio"

#### ACADIA - Tema: "Reconnecting"

#### 1995: Nacimiento de la Unidad de Investigación de Cultura Cibernética (CCRU por su nombre en inglés Cybernetic Culture Research Unit).

El CCRU fue un colectivo interdisciplinario dirigido por estudiantes del departamento de filosofía de la Universidad de Warwick. La investigación del colectivo estuvo estrechamente relacionada con el trabajo de los filósofos Sadie Plant y Nick Land. Plant abandonaría su puesto académico y su afiliación con CCRU en 1997, y en adelante el colectivo estaría bajo la tutela intelectual de Land. Bajo su liderazgo, el colectivo se volvió cada vez más experimental y poco ortodoxo en su trabajo, con su producción (que incluía la escritura, los eventos de performance y el arte colaborativo) cruzando el postestructuralismo, la cibernética, la ciencia ficción

#### Gartner Inc. propone el concepto de "ciclo Hype" o ciclo de sobreexpectación

El ciclo Hype o ciclo de sobreexpectación es una representación gráfica de la madurez, adopción y aplicación comercial de una tecnología específica. El término fue acuñado por Gartner Inc, que proporciona opiniones, consejos y datos sobre la industria de las tecnologías de la información mundial.

#### Surge el lenguaje VRML

El lenguaje de modelado de realidad virtual o VRML es un formato de archivo normalizado que tiene como objetivo la representación de escenas u objetos interactivos tridimensionales diseñado particularmente para web. Se usa por medio de comandos en inglés, los cuales agregan y determinan las características.

#### Nacen los formatos wiki

Cunningham creó el primer sitio wiki, el WikiWikiWeb, que es parte del Portland Pattern Repository de Portland. El sitio, todavía activo, se especializa en "proyectos personales" y en patrones de diseño y mantiene un registro histórico informal de ideas en programación. Por ejemplo, el sitio cataloga patrones y antipatrones de diseño útiles de conocer para el desarrollo de software, especialmente bajo la metodología de programación extrema. Según dice Cunningham, el concepto del wiki se le ocurrió al final de los años 1980, y lo implantó inicialmente como una pila Hypercard.

#### Apache se populariza como servidor de código abierto

Apache es un servidor web HTTP de código abierto, para plataformas Unix, Microsoft Windows, Macintosh y otras, que implementa el protocolo HTTP/1.1 y la noción de sitio virtual según la normativa RFC 2616. Su nombre se debe a que alguien quería que tuviese la connotación de algo firme y enérgico pero no agresivo, y la tribu Apache fue la última en rendirse al que pronto se convertiría en gobierno de Estados Unidos. Según se dice, en esos momentos la preocupación del grupo creador era que llegasen las empresas y "civilizasen" el paisaje que habían creado los primeros ingenieros de internet.

#### El GPS comienza a emplearse para uso civil

El Sistema de Posicionamiento Global, originalmente Navstar GPS, es un sistema que permite posicionar cualquier objeto sobre la Tierra con una precisión de hasta centímetros, aunque lo común son unos pocos metros. Se considera que llegó a la operatividad total en 1995.

#### Nicholas Negroponte publica "Being digital"

Negroponte presenta una historia general sobre los medios de comunicación y tecnologías digitales. Hace un análisis a lo largo del libro de varias de estas tecnologías e intenta predecir cómo evolucionarían sosteniendo la idea de que la humanidad se está viendo inclinada a la digitalización, trasladándose de un mundo de átomos a un mundo de bits.

#### Bernard Cache publica "Earth moves"

Bernard Caché conceptualiza en este libro una serie de ideas en torno a lo arquitectónico como motor de importantes desarrollos. Ofrece una nueva comprensión de la imagen arquitectónica en sí. Siguien-

do a Deleuze y Bergson, desarrolla una descripción de la imagen en la cual la subjetividad misma es un tipo especial de imagen. Redefine la arquitectura más allá de la construcción propiamente dicha para incluir marcos cinematográficos, pictóricos y de otro tipo. Asimismo establece un paralelismo con Deleuze, para expresar que lo significativo del pliegue es que proporciona una forma de repensar la relación entre interior y exterior, entre pasado y presente, y entre arquitectura y lo urbano.

eCAADe - Tema: "Multimedia and Architectural Disciplines"

ACADIA - Tema: "Computing in Design - Enabling, Capturing and Sharing Ideas"

CAADFutures - Tema: "The Global Design Studio"

#### 1996: Se funda SIGraDi (Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital)

La Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI) es una asociación que agrupa a los arquitectos, urbanistas, diseñadores y artistas vinculados a los nuevos medios y constituye la contraparte de organizaciones ECAADe, ACADIA, CAADRIA, y ASCAAD.

Se funda CAADRIA (Computer-Aided Architectural Design Research in Asia)

Brewster Kahle funda The Internet Archive

Muere Gordon Pask

eCAADe - Tema: "Education for Practice"

ACADIA - Tema: "Design Computation: Collaboration, Reasoning, Pedagogy"

CAADRIA - Tema: "The Introduction of Technology: CAAD Teaching and Research Directions in Asi"

#### 1997: Primera Internacional Ciberfeminista

Durante celebración de Documenta X, una de las muestras de arte internacionales más importantes, se convocó la Primera Internacional Ciberfeminista. El grupo Old Boys Network (OBN) un consorcio de artistas europeas, fue clave para organizar el encuentro enmarcado en la sección denominada "Espacio de trabajo híbrido". La mayor parte de la discusión del encuentro se centró en definir qué es el ciberfeminismo, qué aporta y por qué objetivos lucha dentro del marco de la tecnología de la comunicación y la información.

El PCCH instala el gran firewall chino, sometiendo la Internet china a una estricta censura

Si bien se trata de un juego de palabras en inglés que literalmente se podrían traducir como "Gran Muralla de Fuego" en referencia a la Gran Muralla china o Great Wall, este proyecto se llama oficialmente "Proyecto Escudo Dorado" e implica la censura y la vigilancia de Internet por el Partido Comunista Chino. El proyecto se inició en 1998 y comenzó sus operaciones en noviembre de 2003.2

Meg Whitman es la primera CEO de una megaempresa de Internet (eBay)

Meg Whitman es la primera CEO de la tienda en Internet eBay. Cuando tomó el cargo, la empresa tenía 30 empleados y solo operaba en los Estados Unidos. En la actualidad eBay es una organización global con más de 9000 empleados.

Sergey Brin y Larry Page fundan Google

El surgimiento de Google cambió para siempre el paradigma de las búsquedas en Internet, incorporando el concepto de relevancia de contenidos.

"Gattaca", película de Andrew Niccol

Esta película aborda el debate sobre la biopolítica, la eugenesia y las posibilidades de un futuro no tan lejando signado por el transhumanismo.

eCAADe - Tema: "Challenges of the Future"

ACADIA - Tema: "Design and Representation"

CAADFutures - Sin tema específico

CAADRIA - Sin tema específico

SIGraDi - Sin tema específico

#### 1998: James Thomson y Jeffrey Jones inician la investigación con células madre de embrión humano

Thomson y su equipo aislaron y cultivaron in vitro células troncales embrionarias humanas y de primate. A partir de esto, se multiplicaron los estudios de laboratorio con animales, con un propósito claro: aumentar la potencialidad biomédica de la utilización de estas células para la terapia de enfermedades humanas e incrementar el conocimiento en cuanto a las enfermedades genéticas.

Nick Bostrom y David Pearce fundan la Asociación Transhumanista Mundial, conocida como "Humanity+"

Humanity Plus, conocida anteriormente como Asociación Transhumanista Mundial, es una organización sin fines de lucro que trabaja para promover la discusión de las posibilidades de mejora radical de las capacidades humanas por medio de las tecnologías basadas en la nanotecnología, en la ingeniería genética y en la cibernética. Fue fundada originalmente por los filósofos Nick Bostrom y David Pearce.

Primera Internacional Ciberfeminista

"Halloween Documents" es el nombre empleado desde fuera de Microsoft a una serie de memorandos confidenciales sobre las estrategias potenciales de la compañía en 1998 acerca de los programas de código abierto, y GNU/Linux en particular. Anotados como "confidenciales", los documentos reconocen que los programas abiertos constituyen una amenaza significativa al dominio de Microsoft en la industria de la computación, y sugieren medios para interferir con su desarrollo. En ellos Microsoft reconoce que muchos programas de código abierto son técnicamente competitivos respecto a los suyos.

El PCCH instala el gran firewall chino, sometiendo la Internet china a una estricta censura

El código abierto es un modelo de desarrollo de software basado en la colaboración abierta. Se enfoca más en los beneficios prácticos (acceso al código fuente) que en cuestiones éticas o de libertad que tanto se destacan en el software libre. En Palo Alto se acuña el término "open source" y posteriormente

Bruce Perens y Eric S. Raymond lanzan la iniciativa [opensource.org](http://opensource.org)  
**Meg Whitman es la primera CEO de una megaempresa de Internet (eBay)**

Netscape libera la mayoría del código de Netscape Communicator y lo pone bajo la licencia libre. El proyecto se conoce como "Mozilla".

eCAADe - Tema: "Computer Craftsmanship in Architectural Education"

ACADIA - Tema: "Digital Design Studios: Do Computers Make a Difference?"

CAADRIA - Sin tema específico

SIGraDi - Sin tema específico

### 1999: Christopher Alexander "The origins of pattern theory: the future of the theory and the generation of a living world"

La adopción patrones, tal como los entiende Christopher Alexander, ha inspirado a la comunidad de creadores de software. No es extraño que sus ideas hayan encontrado acogida en este mundo, dada la resistencia que ha tenido inicialmente en el mundo de la arquitectura. Este texto inspiró a la comunidad del software a adoptar la visión de patrones por su relevancia para los problemas que durante mucho tiempo habían plagado el diseño de software en general y el diseño orientado a objetos en particular.

#### Ray Kurzweil publica "La era de las máquinas espirituales"

Se trata de un libro de contenido filosófico, tecnológico, informático y científico, que se entronca con la ciencia ficción dura. Trata acerca de la historia de la evolución y su relación con la vida natural y la tecnología, así como el papel del hombre en la historia de esta última y de la informática y el futuro de ésta en su evolución hacia la relación hombre-máquina.

#### "The Matrix", película de Wachowsky Brothers

Se trata de una película de ciencia ficción escrita y dirigida por los hermanos Wachowski. Representa una nueva forma de comprender el ciberespacio, adoptando asimismo elementos y conceptos religiosos, como la ilusión (Maya) o la indistinción aparente de realidad física y realidad digital.

eCAADe - Tema: "Architectural Computing: From Turing to 2000"

ACADIA - Tema: "Media and Design Process"

CAADFutures - Tema: "Computers in Building"

CAADRIA - Sin tema específico

SIGraDi - Sin tema específico

### 2000: Paul Crutzen introduce el concepto de "Antropoceno"

Si bien Crutzen no hay sido el primero en utilizar el término, ha sido uno de los primeros en definirlo y contextualizarlo. Considera que la influencia del comportamiento humano sobre la Tierra en las recientes centurias ha sido significativa, y ha constituido una nueva era geológica. Así, el Antropoceno sería una época geológica propuesta por una parte de la comunidad científica para suceder o reemplazar al denominado Holoceno, la época actual del período Cuaternario en la historia terrestre, debido al significativo impacto global que las actividades humanas han tenido sobre los ecosistemas terrestres.

#### Se produce el llamado "bug Y2K"

El problema del año 2000, también conocido como efecto 2000, error del milenio, problema informático del año 2000 o por el numerónimo Y2K, es un bug o error de software causado por la costumbre que habían adoptado los programadores de omitir la centuria en el año para el almacenamiento de fechas (generalmente para economizar memoria), asumiendo que el software solo funcionaría durante los años cuyos números comenzaran con 19XX.

#### Mike Bergman propone el concepto de Deep Web

La Deep Web es el contenido de Internet que no está indexado por los motores de búsqueda convencionales, debido a diversos factores. El término se atribuye al informático Mike Bergman. Es el opuesto al Internet superficial.

#### Explosión de la burbuja puntocom

Se trató de un fenómeno que reconoce como causas principales un cambio de expectativas sobre las empresas puntocom debido a que los inversionistas comenzaron a notar que los principios de la nueva economía no eran tan distintos a los de la vieja, y al funcionamiento de los mercados financieros.

#### Neil Gershenfeld publica "When Things Start to Think"

En este libro, Gershenfeld desde el MIT, ofrece una visión del mundo post-computarizado, donde los microchips trabajan para la humanidad y no contra ella. Argumenta que desperdiciamos el potencial del microchip cuando lo confinamos a una caja en nuestro escritorio. Según Gershenfeld, la verdadera revolución electrónica vendrá cuando las computadoras hayan desaparecido en las paredes.

eCAADe - Tema: "Promise and Reality"

ACAADRIA - Sin tema específico

CADIA - Tema: "Eternity, Infinity and Virtuality in Architecture"

SIGraDi - Tema: "Construyendo (n)o Espacio Digital"

### 2001: Nace ASCAAD

ASCAAD es una sociedad de docentes, investigadores y profesionales del diseño arquitectónico asistido por computadora (CAAD) en las regiones del mundo árabe de Asia occidental y África del Norte. Tiene como objetivo facilitar la comunicación y el intercambio de información con respecto al uso de la tecnología de diseño digital en la arquitectura, la planificación y la construcción que desafían drásticamente el paradigma de diseño convencional.

#### Surgimiento de las licencias Creative Commons

Creative Commons es una organización sin fines de lucro dedicada a promover el acceso y el intercam-

bio de cultura. Desarrolla un conjunto de instrumentos jurídicos de carácter gratuito que facilitan usar y compartir tanto la creatividad, como el conocimiento. Los instrumentos jurídicos desarrollados por la organización consisten en un conjunto de "modelos de contratos de licenciamiento" o licencias de derechos de autor que ofrecen al autor de una obra una manera simple y estandarizada de otorgar permiso al público para compartir y usar su trabajo creativo bajo los términos y condiciones de su elección. Las licencias Creative Commons no reemplazan a los derechos de autor, sino que se apoyan en estos para permitir elegir los términos y condiciones de la licencia.

#### **Atentados 9/11**

Los atentados del 11 de Setiembre de 2001 en Estados Unidos modificaron para siempre el paradigma de seguridad y control de los traslados humanos, especialmente en el control de fronteras, incorporando instrumentos digitales de seguimiento y reconocimiento.

#### **Nace en el MIT el Center for Bits and Atoms**

El Center for Bits and Atoms fue establecido en el MIT Media Lab, del MIT. Es actualmente dirigido por Neil Gershenfeld. Su objetivo es el cruce de disciplinas, que en términos generales busca la intersección de la información digital con su representación física.

#### **Jim Wales y Larry Sangers inician el proyecto Wikipedia**

Existen tres características esenciales del proyecto Wikipedia que definen en conjunto su función en la web. Es una enciclopedia, entendida como soporte que permite la recopilación, el almacenamiento y la transmisión de la información de forma estructurada. Es un wiki, por lo que, con pequeñas excepciones, puede ser editada por cualquiera. Y además, es de contenido abierto.

#### **Pekka Himannen publica "La ética del hacker y el espíritu de la era de la información"**

Este libro, prologado por Linus Torvalds, postula una ética hacker a partir del trabajo y el dinero, hasta llegar al concepto de "nética", una ética de la red.

#### **30 St. Mary Axe "The Gherkin". Proyecto de Foster+Partners. Londres, Inglaterra**

eCAADe - Tema: "Architectural information management"

ACADIA - Tema: "Reinventing the Discourse - How Digital Tools Help Bridge and Transform Research, Education and Practice in Architecture"

CAADFutures - Sin tema específico

CAADRIA - Sin tema específico

SIGraDi - Sin tema específico

#### **2002: Extensión del uso de la Darknet, mediante protocolos P2P y el uso de Tor**

La versión alfa del software libre TOR fue lanzada por Roger Dingledine, Nick Mathewson y Paul Syverson. Surge como la evolución del proyecto Onion Routing del Laboratorio de Investigación Naval de los Estados Unidos. Luego pasó a ser patrocinado por la Electronic Frontier Foundation, la organización de defensa de libertades civiles en el mundo digital, y actualmente el proyecto Tor está en manos de The Tor Project, una organización sin fines de lucro orientada a la investigación y la educación. Posteriormente, Tor recibió de la Free Software Foundation el premio para proyectos de beneficio social correspondiente a 2010 por «haber permitido que, aproximadamente, 36 millones de personas de todo el mundo, usando software libre, hayan experimentado libertad de acceso y de expresión en Internet manteniendo su privacidad y anonimato.

#### **Se funda el colectivo TeamLab en Tokyo por Toshiyuki Inoko**

La fundación del colectivo TeamLab en Tokio por Toshiyuki Inoko revolucionó la interacción entre arte y tecnología, generando experiencias inmersivas que impulsan la creatividad y redefinen el panorama cultural actual.

#### **Neil Leach publica "Designing for a Digital World"**

Neil Leach plantea la tesis de que las tecnologías digitales están cambiando la forma de habitar y de trabajar. Pero, ¿qué impacto están teniendo en la disciplina de la arquitectura? Cuenta con la colaboración de varios autores, pioneros de lo digital en el diseño: Ben van Berkel y Caroline Bos (UN Studio), Sarah Chaplin, Karl S Chu (Metaxy), Richard Coyne, Manuel DeLanda, Andrew Gillespie, Mark Goulthorpe (dECOi), Marcelyn Gow, Jeffrey Inaba (AMO), William J Mitchell, Farshid Moussavi y Alejandro Zaera Polo (Foreign Office Architects), Sadie Plant, Hani Rashid (Asymptote), Douglas Rushkoff, Patrik Schumacher, Lars Spuybroek (NOX), Sherry Turkle, David Turnbull (ATOPIA), Yvonne Wilhelm, Christian Huebler y Andreas Broeckmann (Knowbotic Research) y Slavoj Zizek. La discusión abarca desde amplias preocupaciones culturales hasta nuevas técnicas de construcción.

#### **"Minority report", basada en un cuento de Philip K. Dick**

Esta película, basada en una narración de Philip Dick, retoma un enfoque lombrosiano donde un sistema es capaz de predecir comportamientos futuros y habilita a tomar medidas preventivas.

#### **Greg Lynn: "Architecture for an Embryologic Housing (IT Revolution in Architecture)"**

Tema: "Connecting the Real and the Virtual"

Tema: "Thresholds - Design, Research, Education and Practice, in the Space Between the Physical and the Virtual"

Tema: "Redefining Content"

#### **2003: Nace The Pirate Bay, promoviendo diferentes posibilidades P2P a través de torrent**

The Pirate Bay es un motor de búsqueda y rastreo de documentos BitTorrent en el que es posible realizar búsquedas de todo tipo de material multimedia. Fue fundada por la organización contra el copyright Piratbyrå en Suecia. Es el mayor tracker de BitTorrent a nivel mundial.

#### **William Mitchell publica "Me++: The Cyborg Self and the Networked City"**

Mitchell describe la transformación de la tecnología inalámbrica en los cien años transcurridos desde

Marconi: la ampliación de las redes y la reducción de los aparatos de transmisión y recepción. Esta transformación, a su vez, ha cambiado nuestra relación con nuestro entorno y entre nosotros. Plantea que la separación entre bits (la unidad elemental de información) y átomos (la unidad elemental de materia) ha terminado, dando lugar a la interconexión global, la miniaturización y la portabilidad en nuestros cuerpos, nuestra ropa, nuestra arquitectura, nuestras ciudades y nuestros usos del espacio y el tiempo.

**Muere Cedric Price, en Londres**

**"Matrix Reloaded" y "Matrix Revolutions", continuaciones de "The Matrix"**

Las dos películas forman parte de una continuidad, como una única película en dos partes. Aquí, se vuelve a confrontar el universo de lo real con el de la ilusión de la Matrix, estableciéndose el carácter no humano de la misma, donde una singularidad ha tomado el control.

**Guangzhou Opera House. Proyecto de Zaha Hadid Architects. Guangdong, China**

eCAADe - Tema: "Digital Design"

ACADIA - Tema: "Connecting >> Crossroads of Digital Discourse"

CAADFutures - Tema: "Digital Design, Research and Practice"

CAADRIA - Sin tema específico

SIGraDi - Tema: "Cultura Digital y Diferenciación"

#### 2004: Nace Facebook

La red social por antonomasia, surgió como un proyecto estudiantil para conectar personas a través de la búsqueda de intereses comunes, y evolucionó hasta transformarse en una mega estructura de vigilancia global.

**Nick Bostrom cofundó junto a James Hughes el Instituto para la Ética y las Tecnologías Emergentes**

Este instituto busca "promover ideas sobre cómo el progreso tecnológico puede incrementar la libertad, la felicidad y el florecimiento humano en sociedades democráticas". Fue creado por el filósofo Nick Bostrom y el bioético James Hughes. El objetivo es incidir en el desarrollo de políticas públicas que distribuyan los beneficios y reduzcan los riesgos del cambio tecnológico.

**"Yo, Robot", película inspirada en algunas narraciones de Asimov**

Esta película aborda, a partir de las tres leyes de Asimov, las connotaciones éticas de la robótica y las deshilachadas fronteras entre lo humano y lo maquínico, apuntando a una inteligencia y una conciencia emancipadas.

**World Trade Center Transportation Hub. Proyecto de Santiago Calatrava. Nueva York. EEUU**

eCAADe - Tema: "Architecture in the Network Society"

ACADIA - Tema: "Fabrication: Examining the Digital Practice of Architecture"

CAADRIA - Sin tema específico

SIGraDi - Tema: "El Sentido y el Universo Digital"

#### 2005: Nace Google Earth

El programa fue creado bajo el nombre de EarthViewer 3D por la compañía Keyhole Inc, financiada por la Agencia Central de Inteligencia. La compañía fue comprada por Google en 2004 absorbiendo la aplicación. El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora.

**Surge el concepto de "crowdfunding"**

"Crowdfunding" es un mecanismo colaborativo de financiación de proyectos desarrollado sobre la base de las nuevas tecnologías. Prescinde de la tradicional intermediación financiera y consiste en poner en contacto a promotores de proyectos que demandan fondos mediante la emisión de valores y participaciones sociales o mediante la solicitud de préstamos, con inversores u ofertantes de fondos que buscan en la inversión un rendimiento. En dicha actividad sobresalen dos características: la unión masiva de inversores que financian con cantidades reducidas pequeños proyectos de alto potencial y el carácter arriesgado de dicha inversión.

**Ray Kurzweil publica "La singularidad está cerca. Cuando los humanos trascendamos la biología"**

Esta obra versa sobre el concepto de singularidad tecnológica, evento que el autor prevé para el año 2045, y el impacto que este hecho tendrá sobre la humanidad. La tesis principal del libro es que el crecimiento de las tecnologías de la información no es lineal, sino exponencial. Esto permite que las tecnologías de la información se adentren en terrenos cada vez más amplios de la ciencia, como por ejemplo la biología o la neurociencia. Eventualmente las tecnologías de la información coparán todo el espectro tecnológico y científico humano, lo cual producirá una explosión de inteligencia a la que llamamos Singularidad tecnológica.

**Canton Tower**

Diseñada por el equipo de Arquitectos IBA: Mark Hemel & Barbara Kuit, Canton Tower funciona como un observatorio y torre de telecomunicaciones multifuncional en la ciudad de Guangzhou (Cantón), en el sureste de China.

eCAADe - Tema: "Digital Design: the quest for new paradigms"

ACADIA - Tema: "Smart Architecture: Integration of Digital and Building Technologies"

CAADFutures - Tema: "Learning from the past, a foundation for the future"

CAADRIA - Tema: "Digital Opportunities"

SIGraDi - Tema: "Visión y Visualización"

ASCAAD - Tema: "eDesign in Architecture"

## 2006: Surge YouTube

YouTube es la mayor plataforma de videos del mundo. Nació como un emprendimiento independiente pero fue adquirido por Google en 2006. Con el tiempo, se fue asimilando como una estructura de contenidos controlados, con la facultad de censurar todo aquello que no se adapte a sus políticas de modo discrecional.

### Surge Twitter

Twitter es la mayor red de microblogging. Funciona, al igual que YouTube, como una estructura de control supranacional y suprademocrático, donde los algoritmos de control tienen la habilidad de "cancelar" todo lo que no se considere conveniente.

### Neil Leach publica "Camouflage"

Este libro es una exploración acerca del impulso del ser humano por su rol el mundo y el papel que juega la arquitectura en este proceso. El deseo de camuflarse es un deseo de sentir conexión, de encontrar el lugar en el mundo y sentirse como en casa. Neil Leach analiza este deseo y sus consecuencias arquitectónicas. El diseño puede proporcionar una forma de conectividad, una mediación entre nosotros y nuestro entorno, y puede contribuir a un sentido de pertenencia. La arquitectura y, de hecho, todas las formas de diseño pueden ser un ámbito eficaz para forjar un sentido de pertenencia y establecer una identidad.

### Bruno Latour publica "Reassembling the Social. An introduction to Actor-Network-Theory"

Esta obra de Latour constituye un reto fundamental para entender la sociedad y lo "social". La argumentación es que la palabra social, tal como utilizan los científicos, se ha cargado hasta tal punto de supuestos que se ha convertido en un término impropio. Cuando el adjetivo se aplica a un fenómeno, se utiliza para describir un estado de cosas estable, un haz de lazos que en el momento adecuado pueden explicar otro fenómeno. Pero Latour también encuentra el término usado como si describiera un tipo de material, como si fuera un adjetivo.

### "El problema de los tres cuerpos", novela de Liu Cixin

Cuando el gobierno chino fortaleció la propaganda de "rejuvenecimiento científico y tecnológico del país" y el desarrollo continuo de la ciencia y tecnología, surgieron muchas condiciones favorables para la creación de las novelas de ciencia ficción. La mayoría de estos escritores trabajaban en varios campos de la ciencia y tecnología. Liu Cixin es ingeniero mecánico. Su pensamiento creativo está profundamente influenciado por Isaac Asimov, Arthur C. Clarke y León Tolstói. La novela tiene profundas implicaciones sociales y el autor revela en ella los principios de la "sociología cósmica", una protociencia sobre las leyes de supervivencia en el universo.

### "Orquideorama" Proyecto de Plan B Arquitectos. Medellín, Colombia

El orquideorama es el proyecto ganador del concurso organizado por la Revista Proyecto Diseño de Colombia para la renovación del Jardín Botánico de Medellín.

eCAADe - Tema: "Communicating Space(s)"

ACADIA - Tema: "Synthetic Landscapes"

CAADRIA - Tema: "Rhythm and Harmony in Digital Space"

SIGraDi - Tema: "Post Digital"

ASCAAD - Tema: "Re-Thinking the Discourse"

## 2007: Apple presenta el iPhone

Steve Jobs presentó la mayor revolución tecnológica de impacto global de los últimos años: el iPhone. Aquí, redefinió la computación ubicua mediante un dispositivo que se tornaría indispensable y que todos los competidores del mercado intentarían copiar en los años venideros.

### Curtis Yarvin, escribiendo bajo el seudónimo de Mencius Moldbug, da inicio al movimiento neorreaccionario o NRx

El NRx es un movimiento antidemocrático y reaccionario que se considera a sí mismo como la antítesis de la Ilustración. En general, rechaza el igualitarismo y la opinión de que la historia muestra un progreso inevitable hacia una mayor libertad e iluminación, por lo que es en parte una reacción contra la historiografía Whig e historiografía marxista. Sus defensores en general también apoyan puntos de vista socialmente conservadores sobre temas como los roles de género, las relaciones raciales y la migración. La ilustración oscura ha sido descrita como una escuela de pensamiento temprana de la derecha alternativa.

### Lanzamiento de la primera versión de Grasshopper, por McNeil

Grasshopper es un lenguaje de programación visual desarrollado por McNeil & Associates. Originalmente fue un plug-in que se instalaba en forma independiente en la aplicación CAD Rhinoceros 3D. Actualmente, y desde la versión 4, ambos softwares vienen integrados. En Grasshopper, la programación es enteramente visual, creando y organizando componentes en el área de trabajo. Los componentes tienen entradas y salidas, las salidas se conectan a las entradas de los componentes subsecuentes. Es utilizado principalmente para programar algoritmos generativos para geometrías 3D con distintas funciones.

### Marvin Minsky publica "The Emotion Machine: Commonsense Thinking, Artificial Intelligence, and the Future of the Human Mind"

Marvin Minsky construye un nuevo modelo de funcionamiento de la mente. Argumenta que las emociones, las intuiciones y los sentimientos no son cosas distintas, sino diferentes formas de pensar. Al examinar estas diferentes formas de actividad mental, pretende explicar por qué el pensamiento a veces toma la forma de un análisis cuidadosamente razonado y otras veces se convierte en emoción. Según su tesis, si el pensamiento puede entenderse como el proceso paso a paso que es, entonces podemos construir máquinas, inteligencias artificiales, que no solo pueden ayudar con nuestro

pensamiento al pensar como lo hacemos, sino que tienen el potencial. Ser tan conscientes como nosotros.

#### **Timothy Morton publica "Ecology Without Nature: Rethinking Environmental Aesthetics"**

Timothy Morton sostiene que el principal obstáculo para el pensamiento ambiental es la imagen de la naturaleza misma. Morton plantea una aparente paradoja: para tener una visión propiamente ecológica, debemos renunciar a la idea de la naturaleza de una vez por todas. Esto ampliaría nuestra visión de la crítica ecológica y profundizaría nuestra comprensión de la ecología misma. En lugar de intentar utilizar una idea de la naturaleza para curar lo que la sociedad ha dañado, Morton establece una nueva forma radical de crítica ecológica: la "ecología oscura".

#### **Perm Museum of Contemporary Art "PMCA". Proyecto de Asymptote Architecture. Perm, Russia**

eCAADe - Tema: "Predicting the Future"

ACADIA - Tema: "Predicting the Future"

CAADFutures - Tema: "Expanding Bodies"

CAADRIA - Tema: "Digitization and Globalization"

SIGraDi - Tema: "La Comunicación en la Comunidad Visual"

ASCAAD - Tema: "Embodying Virtual Architecture"

#### **2008: Hace su aparición "Anonymous"**

Desde 2008 Anonymous se manifiesta en acciones de protesta a favor de la libertad de expresión, del acceso a la información, de la independencia de Internet y en contra de diversas organizaciones, entre ellas, ISIS, la Cienciología, los servicios públicos, los consorcios con presencia global, las sociedades de derechos de autor y todos los sistemas de censura gubernamentales. En sus inicios, los participantes actuaban solamente en Internet, pero con el tiempo fueron desarrollando también sus actividades fuera de la red.

#### **Nace la criptomoneda "Bitcoin" por Satoshi Nakamoto**

Bitcoin es un protocolo, proyecto de código abierto y red entre iguales que se utiliza como criptomoneda, sistema de pago y mercancía. Fue concebida en 2008 por una entidad conocida bajo el seudónimo de Satoshi Nakamoto, cuya identidad concreta se desconoce.

#### **Chris Anderson publica "The end of theory hypothesis"**

El punto principal de Anderson es que la era moderna de la información de "petabytes" y la computación "en la nube" en la web está pasando por alto el procedimiento de "hipótesis, modelos y pruebas" de la ciencia porque la teorización científica simplemente no puede hacer frente a la avalancha de datos.

#### **Reza Negarestani publica "Ciclonopedia. Complicidad con materiales anónimos"**

Negarestani anticipa un desmadre intelectual: arqueología bacteriana, petropunkismo, teratología meteorológica, guerra blanca e hipercamuflaje, infernoingeniería, esquizotragias para la apertura y para la insurgencia.

#### **"El bosque oscuro", novela de Liu Cixin**

Segunda parte de la trilogía, que mezcla especulación científico-tecnológica con un futuro apocalíptico imaginado en base a perspectivas del presente.

eCAADe - Tema: "Architecture 'in computro'"

ACADIA - Tema: "Silicon + Skin: Biological Processes and Computation"

CAADRIA - Tema: "Beyond Computer-Aided Design"

SIGraDi - Tema: "Gráfica Digital e Informática Aplicada: Cooperación, Integración y Desarrollo"

#### **2009: China lanza Weibo, sucedáneo de Twitter**

Dado el gran filtro chino, las redes occidentales son oficialmente inaccesibles. Por ende, el PCC ha creado alternativas a Twitter, Facebook, Whatsapp, y varias otras apps populares.

#### **Franco "Bifo" Berardi publica el "Manifiesto post-futurista"**

En 1909 el Manifiesto Futurista inició un proceso en el que el organismo colectivo de la humanidad se convirtió en máquina. Berardi plantea que esta máquina ha llegado a su final con las concatenaciones de la web mundial, y previene el colapso del sistema financiero basado en la futurización de la economía.

#### **Nick Bostrom publica "Perfeccionamiento humano"**

El perfeccionamiento humano pretende aumentar las capacidades humanas por encima de niveles normales. Varias formas de perfeccionamiento humano ya están siendo utilizadas. Bostrom plantea aquí el debate entre transhumanistas y bioconservadores, desde la ética.

#### **"Performa" Proyecto de Mke McKay en el College of Design de la Universidad de Kentucky**

#### **"Aqua Tower" Proyecto de Studio Gang en Chicago, Estados Unidos**

eCAADe - Tema: "Computation: The New Realm of Architectural Design"

ACADIA - Tema: "reForm(): Building a Better Tomorrow"

CAADFutures - Tema: "Joining Languages, Cultures and Visions/Joindre Langues, Cultures et Visions"

CAADRIA - Tema: "Between Man and Machine? Integration, Intuition, Intelligence"

SIGraDi - Tema: "De lo Moderno a lo Digital: Desafíos de una Transición"

ASCAAD - Tema: "Digitizing Architecture: formalization & content"

#### **2010: Filtraciones de WikiLeaks y condena de Chelsea Manning**

La filtración de documentos diplomáticos de los Estados Unidos o Cablegate son los nombres por los que se conoce a los trabajos hechos por el sitio web WikiLeaks, considerados como filtración masiva, documentos del Departamento de Estado de los Estados Unidos dados a conocer, hecho el 28 de

noviembre de 2010.

### **Tongji University inicia DigitalFutures**

DigitalFutures es una plataforma digital para promover la discusión sobre una amplia gama de temas contemporáneos, con un énfasis particular en las tecnologías de fabricación y diseño computacional. Pero también aborda cuestiones éticas y sociales más amplias, como las preocupaciones medioambientales, dentro de nuestra cultura altamente tecnológica y en constante evolución.

### **Se plantea la hipótesis del basilisco de Roko**

El Basilisco de Roko es un juego mental que se dio a conocer en 2010, cuando el usuario Roko escribió acerca de él en Less Wrong, un foro en línea dedicado a temas de filosofía y psicología con una visión futurista. La premisa del Basilisco de Roko es el advenimiento hipotético, pero inevitable, de una superinteligencia artificial en el futuro. Esta superinteligencia sería el producto inevitable de la singularidad tecnológica, esto es, el momento en el que una inteligencia artificial creada por la humanidad fuera capaz de auto-mejorarse recursivamente. En el experimento del Basilisco de Roko, esta superinteligencia es llamada el Basilisco.

### **Jaron Lanier publica "Contra el rebaño digital. Un manifiesto"**

Lanier apunta contra lo que en los últimos tiempos ha bautizado como la cultura nerd de internet o el maoísmo digital, es decir, la tendencia de la comunidad tecnológica de primar la plataforma sobre el contenido y los ordenadores sobre las personas. En total contraste con los que saludan el triunfo del contenido generado por los usuarios, Lanier ve una internet desinformada y tediosa, en la que la cantidad se impone a la calidad y las buenas ideas son acalladas a base de gritos.

### **William Mitchell publica "Reinventing the Automobile Personal Urban Mobility for the 21st Century"**

En el siglo XXI, los automóviles todavía se fabrican bajo las premisas del siglo XX. Son ineficientes para proporcionar movilidad personal dentro de las ciudades, donde vive la mayoría de la población mundial. Mitchell y dos expertos de la industria reinventan el automóvil, describiendo los vehículos del futuro cercano que son ecológicos, inteligentes, y conectados.

### **Muere William J. Mitchell, en Cambridge, Massachusetts**

#### **"El fin de la muerte", novela de Liu Cixin, que completa la trilogía**

Cierre de la trilogía de Liu Cixin, llevando el imaginado futuro hacia los límites de la existencia de la humanidad.

### **"Hope Tree" Instalación conceptual proyectada por 24º Studio en Tokio, Japón**

eCAADe - Tema: "Future Cities"

ACADIA - Tema: "Life in:Formation"

CAADRIA - Tema: "New Frontiers"

SIGraDi - Tema: "Disrupción, modelación y construcción: Dialogos cambiantes"

ASCAAD - Tema: "CAAD | CITIES | SUSTAINABILITY"

### **2011: Walmart comienza a aplicar IA y machine learning para la gestión de su logística y predicción de comportamientos**

A través de algoritmos de IA, Walmart es la primer tienda global en gestionar su logística de productos de acuerdo a los hábitos de consumo de los clientes.

### **Nace Uber**

Travis Kalanick funda la empresa Uber, inaugurando una nueva economía de aplicaciones. El término "uberización" se utilizará de aquí en más para referir a modelos de negocio similares.

### **Tecnocolonialismo. Geraldine Juárez y el caso del Google Cultural Institute**

Geraldine Juárez plantea su reflexión "Intercolonial technogalactic" donde pone en tela de juicio los criterios de indexación cultural de Google, y sostiene que la "indexación nunca es inocente".

### **Nick Bostrom publica "Riesgo catastrófico global"**

Bostrom clasifica los riesgos de acuerdo con su alcance e intensidad. Un "riesgo catastrófico global" es cualquier riesgo que es al menos de alcance "global" y no es subjetivamente "imperceptible" en intensidad. Aquellos que son al menos "transgeneracionales" (que afectan a todas las generaciones futuras) en alcance y "terminales" en intensidad se clasifican como riesgos existenciales. Si bien un riesgo catastrófico global puede matar a la gran mayoría de la vida en la Tierra, la humanidad aún podría potencialmente recuperarse. Por otro lado, un riesgo existencial destruye a la humanidad (y, presumiblemente, a todas las especies menos rudimentarias de vida y/o vida vegetal no rudimentarias) por completo o al menos impide cualquier oportunidad de recuperación de la civilización. Bostrom considera que los riesgos existenciales son mucho más significativos.

### **Nick Land publica "Fanged Noumena"**

Comenzando con las primeras relecturas radicales de Land de Heidegger, Nietzsche, Kant y Bataille, esta obra recopila los documentos, charlas y artículos de mediados de los 90, en los que Land desarrolló su teoría-ficción futurista del cibercapitalismo enloquecido; y termina con sus enigmáticos escritos posteriores en los que las ficciones ballardianas, la poética, la criptografía, la antropología, la gramatología y lo oculto se unen en híbridos irreconocibles.

### **Neil Gershenfeld publica "Fab. The Coming Revolution on Your Desktop"**

¿Qué pasaría si algún día se pudiera poner el poder de fabricación de una planta de automóviles en un escritorio? Gershenfeld sostiene que el próximo gran avance es la fabricación personal: la capacidad de diseñar y producir propios productos en casa, con una máquina que combina electrónica de consumo y herramientas industriales. Los fabricantes personales están a punto de revolucionar el mundo tal como lo hicieron las computadoras personales hace una generación, sostiene.

### **Mario Carpo publica "The Alphabet and the Algorithm"**

Mario Carpo señala una práctica clave de la modernidad: la realización de copias idénticas. Destaca

asimismo dos ejemplos de identidad cruciales para la configuración de la modernidad arquitectónica: en el siglo XV, la idea de proyecto arquitectónico de Leon Battista Alberti, según la cual un edificio es una copia idéntica del diseño del arquitecto; y, en los siglos XIX y XX, la producción en masa de copias idénticas a partir de modelos maestros mecánicos, matrices, impresiones o moldes. El poder moderno de lo idéntico, argumenta Carpo, llegó a su fin con el auge de las tecnologías digitales. Todo lo digital es variable. En arquitectura, esto significa el fin de las limitaciones de notación y de la estandarización mecánica. Carpo compara nuevas formas de artesanía digital postindustrial con la fabricación a mano y las culturas y tecnologías de variaciones que existían antes de la llegada de copias idénticas hechas a máquina.

#### **"Staying behind", cuento corto de Ken Liu, donde aborda el tema de la singularidad y sus consecuencias**

Narración breve de Ken Liu, que aborda temas como la singularidad, la inmortalidad a través del volcado de mentes en la nube, y la vida física y digital.

#### **Surge la serie "Black mirror", que se extenderá hasta 2019**

Black Mirror marcó un hito en la ficción especulativa, mostrando el lado oscuro de la tecnología, presentando relatos distópicos autoconclusivos que muestran generalmente un sentimiento de techno-paranoia y analizan cómo la tecnología afecta al ser humano.

#### **"Mestropol Parasol" proyecto de J. Mayer H. Arquitectos para la plaza La Encarnación en Sevilla, España**

eCAADe - Tema: "Respecting Fragile Places"

ACADIA - Tema: "Integration Through Computation"

CAADFutures - Tema: "Designing Together"

CAADRIA - Tema: "Circuit Bending, Breaking and Mending"

SIGraDi - Tema: "Cultura Aumentada"

#### **2012: Se funda el colectivo "Hacked Matter" en Shanghai**

Hacked Matter es un hub de investigación con sede en Shanghai dedicado a investigar el proceso de innovación tecnológica en China. A través de una serie de eventos inmersivos, programas públicos, divulgación en línea y publicaciones secundarias, nuclea académicos, creadores, artistas y empresarios para explorar las interconexiones entre la fabricación, el diseño de productos, el hardware y el pensamiento especulativo.

#### **Ray Kurzweil publica "Cómo crear una mente"**

Kurzweil plantea la posibilidad de crear inteligencia artificial fuerte, es decir, inteligencia artificial de nivel humano, no mediante la réplica artificial de un cerebro biológico, sino mediante la creación de un modelo artificial que se comporte de la misma manera que se comporta un cerebro biológico.

#### **Eric Sadin publica "La humanidad aumentada"**

Sadin expresa una tendencia fundamental en el devenir de la tecnología contemporánea: la "administración robotizada de nuestra existencia". La asistencia hiperindividualizada y geolocalizada vía GPS de los smartphones, los sistemas de alta complejidad que garantizan de manera autónoma los suministros de agua y electricidad de ciudades enteras, el trading algorítmico que regula los intercambios bursátiles, dan cuenta del sofisticado acoplamiento entre inteligencia computacional y humanidad que reviste nuestra vida cotidiana y que ha transformado a la "dinámica electrónica" en un estrato imprescindible de la experiencia. El acelerado proceso de "duplicación digital del mundo", encarnado de manera ejemplar en plataformas como Google Maps o en los perfiles de Facebook, produjo el crecimiento exponencial de una inédita masa de datos que sobrepasa nuestras modalidades de aprehensión sensoriales y cerebrales.

#### **Timothy Morton publica "Hyperobjects: Philosophy and Ecology after the End of the World"**

Morton acuñó el término "hiperobjeto" para referirse a las cosas que se distribuyen masivamente en tiempo y espacio en relación con los humanos. Un agujero negro, un campo petrolero, la biosfera o el sistema solar, todos los materiales nucleares de la Tierra, son hiperobjetos. Un hiperobjeto podría ser un producto de manufactura humana de larga duración, como el poliestireno, o también la suma de toda la maquinaria chirriante del capitalismo. Los hiperobjetos son «hiper» en relación con alguna otra entidad, más allá de que esté producida o no por los seres humanos. Tienen muchas características en común: son viscosos, «no-locales», involucran una temporalidad radicalmente distinta de las temporalidades a escala humana a las que estamos acostumbrados. Ocupan una fase espacial de alta dimensionalidad que los vuelve invisibles a los humanos durante ciertos períodos de tiempo.

#### **Mario Carpo publica "The Digital Turn in Architecture"**

Veinte años después, el giro digital en la arquitectura ya ha pasado por varias etapas y fases. El diseño arquitectónico ha pasado por todos ellos: desde el plegado hasta el ciberespacio, la no linealidad y las hipersuperficies, desde el control de versiones hasta la creación de scripts, la aparición, el modelado de información y el parametricismo. Ha registrado e interpretado el espíritu de la época con vívida precisión documental, fomentando y a menudo anticipando desarrollos arquitectónicos y teóricos cruciales. Carpo ofrece una visión astuta de la historia reciente del diseño digital en su ensayo introductorio integral y en sus guías de cada texto original.

#### **"Off/Grid House" Proyecto de OTA+. New Mexico, EEUU**

eCAADe - Tema: "Digital Physicality | Physical Digitality"

ACADIA - Tema: "Synthetic Digital Ecologies"

CAADRIA - Tema: "Beyond Codes and Pixels"

SIGraDi - Tema: "Forma(in)formación"

ASCAAD - Tema: "CAAD | INNOVATION | PRACTICE"

#### **2013: Henry Makram trabaja sobre "The human brain project"**

La Unión Europea financió este proyecto, dirigido por Markram, quien afirmó que el mismo crearía una simulación de todo el cerebro humano en una supercomputadora en una década, revolucionando el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer y otros trastornos cerebrales. En menos de dos años, se reconoció que el proyecto estaba mal administrado y sus afirmaciones eran exageradas, y se le pidió a Markram que renunciara.

#### **Jerome Bonnet propone el proyecto Transistor. Computación basada en células. ADN, ARN y Silicio**

En la Universidad de Stanford se desarrolla el primer transistor biológico a partir de materiales genéticos: ADN y ARN. Bajo el nombre de "transcriptor", los científicos hablan de este transistor biológico como el componente final necesario para la construcción de computadoras biológicas que funcionen dentro de las células vivas. Como un transistor, una de las funciones es la de amplificación de la señal. Un pequeño cambio en la actividad de la enzima puede causar un cambio enorme en los dos genes conectados. Mediante la combinación de transcriptors múltiples, los investigadores de Stanford crearon un conjunto completo de puerta lógica booleana que permitiría ejecutar cálculos dentro de una célula viva.

#### **Greg Lynn exhibition: "Archaeology of the Digital", en el CCRA**

Archaeology of the Digital se centra en cuatro proyectos clave cuya característica común es el empleo pionero por parte de sus arquitectos de herramientas digitales o lenguajes inspirados en el modelado informático. Los cuatro proyectos incluidos son Lewis Residence de Frank Gehry de 1995, Expanding Sphere de 1992 de Chuck Hoberman, Biocentrum no realizado de Peter Eisenman de 1987 y las estructuras de techo de Shoen Yoh para los gimnasios Odawara y Galaxy Toyama de 1991 y 1992 respectivamente.

#### **Manifiesto aceleracionista. Alex Williams y Nick Srnicek**

Williams y Srnicek, en contraposición a reducir la política radical a propuestas de horizontalidad, consenso, acción local y democracia directa, proponen en cambio radicalizar las tendencias de liberación que el capitalismo precisa controlar en todo momento. Una alternativa dentro del marco de desarrollo y expansión del capitalismo, que acelera la velocidad de producción, circulación y consumo hasta llegar a un punto de ruptura.

#### **David Pearce publica "The Biointelligence Explosion. How Recursively Self-Improving Organic Robots will Modify their Own Source Code and Bootstrap Our Way to Full-Spectrum"**

En este texto, Pearce promueve la idea de que existe un fuerte imperativo ético humano para buscar la abolición del dolor y el sufrimiento, y propone la incorporación y manipulación tecnológica a tal fin.

eCAADe - Tema: "Computation and Performance"

ACADIA - Tema: "Adaptive Architecture"

CAADFutures - Tema: "Global design and local materialization"

CAADRIA - Tema: "Open Systems"

SIGraDi - Tema: "Knowledge-based Design"

#### **2014: Nick Bostrom publica "Superinteligencia: caminos, peligros, estrategias"**

El cerebro humano tiene capacidades de las que carecen otros cerebros animales. Es debido a estas capacidades distintivas que la especie ocupa una posición dominante. Si los cerebros artificiales llegaran algún día a superar a los cerebros humanos en inteligencia general, entonces esta nueva inteligencia llegaría a ser muy poderosa. De igual manera que el destino de los gorilas depende ahora más de los humanos que de ellos mismos, también el destino de la especie humana pasaría a depender de las acciones de la superinteligencia artificial. Esta es la tesis de Bostrom en este libro.

#### **Yuval Noah Harari publica "De animales a dioses"**

Harari examina la historia de la humanidad: desde la evolución de las especies humanas arcaicas, en la Edad de Piedra, hasta el siglo XXI. Su argumento principal es que el Homo sapiens domina el mundo porque es el único animal capaz de cooperar flexiblemente en gran número, gracias a su capacidad única de creer en entes que existen solamente en su imaginación, como los dioses, las naciones, el dinero o los derechos humanos.

#### **Jaron Lanier publica "¿Quién controla el futuro?"**

Lanier ha aprovechado su experiencia para reflexionar acerca de cómo la tecnología transforma nuestra sociedad y nuestra cultura. ¿Quién controla el futuro? es la perspectiva sobre la cuestión económica y social más importante de la actualidad: la concentración de dinero y poder en las redes digitales. Lanier piensa que el auge de las redes digitales ha conducido nuestras economías a la recesión y ha diezmado las clases medias. A medida que la tecnología destruye más y más sectores desde medios de comunicación hasta la medicina o la industria, afrontamos mayores desafíos al empleo y la prosperidad individual. Pero sin embargo ofrece una alternativa a permitir que la tecnología se apropie de nuestro futuro. Lanier dibuja el camino hacia una nueva economía de la información que respetará a la sociedad y le permitirá crecer. Es hora de que la gente común sea recompensada por lo que crea y lo que comparte en red.

#### **Gramazio, Kohler y Willmann editan "The Robotic Touch: How Robots Change Architecture"**

A medida que la conexión entre datos y materiales de construcción se hace cada vez más estrecha, y la información digital no solo se usa para representar o planificar, sino que se emplea para crear el material que construirá un edificio, los robots necesariamente desempeñan un papel importante en la arquitectura. Sin embargo, el uso de robots en arquitectura no se ha tratado de manera integral. Este libro presenta treinta proyectos de investigación sobre robots en arquitectura originados en ETH Zurich, que documentan varios métodos y conceptos relacionados con el uso de robots en arquitectura.

#### **Achim Menges publica "Material Synthesis: Fusing the Physical and the Computational"**

Los diseñadores ya no conciben el ámbito digital como algo separado del mundo físico. En cambio, la computación se considera la interfaz clave para la exploración de materiales y viceversa. Esto representa un cambio perceptivo significativo en el que la materialidad de la arquitectura ya no se ve como una propiedad fija y un receptor pasivo de la forma, sino que se transforma en un generador activo de diseño y un agente adaptativo del desempeño arquitectónico. En marcado contraste con los modos de fabricación y construcción lineales y mecanicistas anteriores, la materialización está comenzando a coexistir con el diseño como procesos robóticos exploratorios. Esto representa un cambio radical tanto del trillado énfasis modernista en la 'verdad de los materiales' como del rechazo de los materiales por parte de la generación anterior de arquitectos digitales.

**"High performance facade systems based on the use of planar elements", de Frontis 3D**

**"Parque Toreo" Proyecto de Grupo Sordo Madaleno. Ciudad de México, México**

eCAADe - Tema: "Fusion: Data integration at its best"

ACADIA - Tema: "Design Agency"

CAADRIA - Tema: "Rethinking Comprehensive Design: Speculative Counterculture"

SIGraDi - Tema: "Design in Freedom"

ASCAAD - Tema: "Digital Crafting"

**2015: Se funda el Institute for Human Obsolescence <http://speculative.capital>**

El Instituto para la Obsolescencia Humana surge con el propósito de buscar nuevo sentido y nuevos propósitos al ser humano, de cara a su obsolescencia en favor de las inteligencias artificiales.

**Conferencia en París por el cambio climático**

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2015, también conocida como COP21, dio lugar al Acuerdo de París. Este acuerdo es un tratado internacional que busca limitar el calentamiento global y sus efectos.

**Surge el Manifiesto Ecomodernista**

El manifiesto sostiene que la tecnología, apoyada y acelerada por la inversión gubernamental, puede permitirle simultáneamente a la humanidad mitigar el cambio climático, proteger el suelo y aliviar la pobreza. Los ecopragmatistas, como se denominan a sí mismos, aprueban la urbanización, la agricultura intensiva, la energía nuclear, la acuicultura y desaprueban los suburbios, la agricultura de bajo rendimiento y las formas de energía renovable que exigen grandes cantidades de tierra.

**Blue Brain Project**

El Blue Brain Project publicó la primera reconstrucción y simulación digital del microcircuito de una corteza somatosensorial de rata neonatal.

**Surgimiento OpenAI**

Surge la empresa OpenAI como una organización sin fines de lucro, con la misión de asegurar que la inteligencia artificial general (IAG) beneficie a toda la humanidad. Entre sus fundadores se encontraban Elon Musk, Sam Altman, Ilya Sutskever, Greg Brockman y otros expertos en IA

**Inicia el proyecto Homo Faber, por David Sperling, Pablo Herrera y Rodrigo Scheeren. Se presenta durante el CaadFutures de ese año, y durante SIGRADI 2015**

La exposición "Homo Faber – Digital Fabrication in Latin America" reunió a laboratorios de fabricación digital de arquitectura de Latinoamérica, como muestra del escenario reciente pero ya efervescente de la fabricación digital en la región. La exposición presentó la producción de 25 laboratorios de universidades, grupos de investigación, estudios de arquitectura e investigadores independientes.

**Donna Haraway escribe el "Manifiesto Chthuluceno"**

Dado que la destrucción del planeta no se va a frenar negándola ni minimizando el impacto evidente de sus efectos, Haraway sugiere como salida una alianza multiespecies. Y plantea una especie de manifiesto fundacional para una nueva civilización en la que se hibridan la utopía con el hecho científico y el relato de pequeñas experiencias que apuntan en esa misma dirección.

**Albert Cortina publica "¿Humanos o posthumanos? Singularidad tecnológica y mejoramiento humano"**

¿Estamos dispuestos a aceptar una especie humana mejorada tecnológicamente a partir de la transformación radical de sus condiciones naturales? ¿Se está produciendo ya la singularidad tecnológica que dará lugar a un salto evolutivo irreversible del género humano hacia el posthumano? ¿Qué papel desempeñan la conciencia, la ética y la democracia para controlar los abusos en este proceso? Estas son las interrogantes que Cortina teje en su obra.

**Laboria Cuboniks publica "Xenofeminismo"**

El colectivo Laboria Cuboniks define el xenofeminismo (XF) como un aceleracionismo "tecnomaterialista, antinaturalista y abolicionista de género". Esto significa, entre otras cosas, la biotécnica al servicio de la multiplicación de los géneros y la desaparición del binarismo.

**Murray Shanahan publica "The technological singularity"**

Murray Shanahan ofrece una introducción a la idea de la singularidad y considera las ramificaciones de tal evento potencialmente sísmico. Su objetivo no es hacer predicciones, sino investigar una variedad de escenarios. Ya sea que creamos que la singularidad está cerca o lejos, probable o imposible, apocalipsis o utopía, la misma idea plantea preguntas filosóficas y pragmáticas cruciales, lo que nos obliga a pensar seriamente sobre lo que queremos como especie.

**Gramazio y Kohler publican "Made by Robots: Challenging Architecture at a Larger Scale"**

Gramazio y Kohler exploran aquí las posibilidades de los procesos de construcción robótica para la arquitectura y su aplicación a gran escala al diseño y construcción de edificios de gran altura. Junto con otros colaboradores, como Philippe Morel, Neri Oxman, Francois Roche y Antoine Picon, también analizan las transformaciones de gran alcance que comienzan a ocurrir dentro de la fabricación automatizada: en términos de liberación de mano de obra, fabricación in situ y teoría del diseño.

### Se estrena "Ex Machina", de Alex Garland

La historia se centra en la relación entre el humano y la máquina antropomórfica, a la que se somete a una especie de test de Turing, sumando además la relevancia del elemento corporal en la identidad, llevando a un nuevo nivel la teoría del valle inquietante.

### Sam Esmail lanza la serie "Mr. Robot", que se extenderá hasta

Mr. Robot plantea el lado oscuro de la tecnología, estableciendo la cultura hacker y el código abierto como única opción de empoderamiento ciudadano frente a los abusos de las corporaciones tecnológicas.

### Pabellón "Woven Thread" Proyecto de NUDES en Mumbai, India

TeCAADe - Tema: "Real Time: Extending the Reach of Computation"

ACADIA - Tema: "Computational Ecologies: Design in the Anthropocene"

CAADFutures - Tema: "The next city"

CAADRIA - Tema: "Emerging Experiences in the Past, Present and Future of Digital Architecture"

SIGraDi - Tema: "Información de Proyecto para la interacción"

### 2016: Benjamin Bratton publica "The Stack: On Software and Sovereignty"

Bratton propone un sistema de estudio basado en capas, relacionando usuario, interfaz, direcciones, ciudad, la nube (the cloud) y la tierra. Esta última permite la existencia de la máquina hambrienta conocida como The Stack. Las consecuencias de la existencia de esta máquina significan que se consumen cantidades enormes de la tierra de diferentes formas. Sin la extracción de minerales o rocas preciosas, es imposible concebir el nacimiento del Stack, que terraforma la tierra según una noción de geodiseño lógico pero que es al azar.

### Luc Ferry publica "La revolución transhumanista"

El progreso de las tecnociencias es de una amplitud y una rapidez inimaginables. Es silencioso, no llama la atención de los políticos y apenas la de los medios de comunicación, de modo que se produce a espaldas de la mayor parte de la población y prácticamente no está regulado. Luc Ferry reflexiona sobre las abisales cuestiones que estos nuevos poderes del hombre sobre el hombre plantearán inevitablemente en los próximos años, en los planos ético, político, económico, pero también espiritual.

### Michael Fox publica "Interactive Architecture"

Michael Fox plantea una guía orientada a procesos para crear espacios y objetos dinámicos capaces de realizar una variedad de funciones pragmáticas. Estas complejas interacciones físicas son posibles gracias a la fusión creativa de la computación incorporada (inteligencia) con una contraparte física y tangible (cinética). Una caja de herramientas y un conjunto de habilidades únicas del siglo XXI. El modelado digital y físico, la tecnología de sensores, la fabricación CNC, la creación de prototipos y la robótica requieren la colaboración de muchas comunidades científicas y artísticas diversas. La Arquitectura Interactiva incluye contribuciones de los mundos de la arquitectura, el diseño industrial, la programación de computadoras, la ingeniería y la computación física.

### Eric Sadin publica "La silicolonización del mundo"

Sadin se centra en la descripción de la trayectoria de Silicon Valley, desde sus orígenes en la contracultura y la psicodelia californianas hasta la institución de un capitalismo nuevo, un tecnoliberalismo que, a través de los objetos conectados y la inteligencia artificial, pretende extraer beneficios del menor de nuestros gestos, inaugurando la era de una "industria de la vida".

### Yuval Noah Harari publica "Homo Deus"

Harari continúa aquí su trabajo iniciado en "De animales a dioses", presentando una visión del futuro en la que la tecnología crece exponencialmente e impacta en las estructuras sociales, revolucionando la vida. La biotecnología, la inteligencia artificial y la nanotecnología permitirán extender la vida humana. Un libro que pone al hombre a las puertas de la eternidad en la Tierra.

### Keith Evan Green publica "Architectural Robotics"

Green mira hacia la próxima frontera de la informática: entornos físicos interactivos, en parte inteligentes y meticulosamente diseñados. Examina asimismo cómo estos sistemas de "arquitectura robótica" nos apoyarán y mejorarán en el trabajo, la educación y el hogar, mientras deambulamos, nos interconectamos y envejecemos.

### "Mono No Aware". Ken Liu

Esta obra, incluida en el volumen "El zoo de papel", construye un futuro cercano donde, producto de una catástrofe, la humanidad debe abandonar el planeta en una nave. Resulta un canto en contra del individualismo y una apología de la colaboración en pos de los objetivos comunes.

### "Curve Appeal" Proyecto de WATG en Tennessee, EEUU.

eCAADe - Tema: "Complexity & Simplicity"

ACADIA - Tema: "Posthuman Frontiers: Data, Designers And Cognitive Machines"

CAADRIA - Tema: "Living Systems and Micro-Utopias: Towards Continuous Designing"

SIGraDi - Tema: "Crowdthinking"

ASCAAD - Tema: "Parametricism V. Materialism"

### 2017: En Nueva Zelanda, el río Whanganui es reconocido como entidad viva y con identidad legal

El Whanganui ahora es una "persona jurídica", y como tal contará con derechos y obligaciones bajo un acuerdo pionero firmado por el parlamento de Nueva Zelanda. Esto significa que el río, que ha sido venerado por el pueblo maorí, tendrá los mismos derechos que una persona. El río es reconocido como un antepasado, es decir, una entidad viva.

### Inicia la llamada "IV Revolución Industrial", de acuerdo a Klaus Schwab

Se trata de la cuarta etapa industrial más importante que se ha verificado desde el inicio de la revolu-

ción industrial en el siglo XVIII. Esta cuarta etapa se caracteriza por una fusión de tecnologías actualmente en prueba o en desarrollo, lo que está desintegrando las fronteras entre las esferas física, digital, y biológica.

#### **El machine learning se consolida como la herramienta de interpretación de datos por excelencia**

Se trata de una disciplina científica del ámbito de la Inteligencia Artificial que crea sistemas que aprenden automáticamente. Esto quiere decir identificar patrones complejos en millones de datos. La máquina que realmente aprende es un algoritmo que revisa los datos y es capaz de predecir comportamientos futuros. Estos sistemas se mejoran de forma autónoma con el tiempo, sin intervención humana.

#### **Neil Leach y Philip Yuan publican "Computational design"**

Esta antología de Leach y Yuan ofrece una descripción general y organizada del impacto de las técnicas computacionales en el diseño arquitectónico actual, proporcionando una instantánea de los últimos desarrollos en el campo, basándose en los principales expertos en la práctica y la educación arquitectónicas de todo el mundo.

#### **Lluís Ortega publica "El diseñador total"**

La obra de Ortega constituye una reflexión sobre las relaciones entre tecnología y creación. Contribuye a una forma ensayística relativamente inusual dentro de las historiografías arquitectónicas, pero que ha tenido una gran influencia en la arquitectura contemporánea: cómo la tematización histórica de la tecnología posindustrial ha sido una de las cuestiones fundamentales en la conquista de una condición contemporánea y en la conexión entre la actividad teórico crítica y la práctica profesional.

#### **Klaus Schwab publica "La cuarta revolución industrial"**

Schwab, desde el World Economic Forum, propone este concepto que, aunque silencioso, implica un cambio de paradigma radical. La cuarta revolución está caracterizada por una fusión de tecnologías que eorsonian las líneas entre lo físico, lo digital y lo biológico. A partir de este punto, ya no hay retorno de tal convergencia.

#### **Timothy Morton publica "Humankind: Solidarity with Non-Human People"**

Morton se pregunta: ¿cómo definir la vida? ¿A qué distancia de lo no-vivo se la debe colocar? Y pone en diálogo una serie de conceptos de la discusión contemporánea: fantasma, especie y comunidad, entre otros. Busca socavar la oposición entre lo humano y lo no-humano, con alusiones permanentes a la cultura contemporánea, porque es un filósofo que escapa de lo estrictamente académico.

#### **Mario Carpo publica "The second digital turn"**

El planteo fundamental de este trabajo es que las herramientas del diseño ya no se utilizan para hacer, sino para pensar. Ya no son instrumentos de innovación estrictamente formal, sino modos de pensar y de concebir el diseño desde lo digital, y no mediante lo digital.

#### **Amir Husain publica "The sentient machine"**

La discusión en torno a la inteligencia artificial está polarizada; hay quien piensa que las máquinas resolverán todos los problemas y quien piensa que nos llevarán por un camino oscuro y distópico hacia la irrelevancia humana total. Al margen de esto, la idea de que podamos producir una creación inteligente puede ser intrínsecamente aterradora. Pero, ¿y si nuestro mayor papel como seres humanos hasta ahora es el de creadores?

#### **Muere Mark Fisher (K-Punk), en Reino Unido, víctima de una aguda depresión**

#### **"Pabellón Flora" Proyecto por la Escuela de Diseño de la Universidad de las Artes de Nanjing, China**

eCAADe - Tema: "ShoCK! – Sharing of Computable Knowledge!"

ACADIA - Tema: "Disciplines & Disruptions"

CAADFutures - Tema: "Future Trajectories of Computation in Design"

CAADRIA - Tema: "Protocols, Flows and Glitches"

SIGraDi - Tema: "Resilience Design"

#### **2018: Continúa el proyecto Homo Faber con el mapeo de la fabricación digital en América Latina**

En esta edición, Homo Faber refleja una madurez de iniciativas que mejoran el enfoque de diferentes escalas para el ambiente construido. Los procesos investigados y los artefactos resultantes demuestran un avance en la complejidad de las propuestas, escala de fabricación, soluciones técnicas y materialidades. Los proyectos están ampliamente ligados a la cultura local, reconocida como fuente de inspiración generadora de significado para el flujo de diseño y montaje. Los laboratorios surgen con propuestas cada vez más asociadas a problemas locales, pasando de experiencias referenciadas al hemisferio norte a otras que buscan en su propia realidad y comunidad una conexión que valore su identidad.

#### **IoT se expande hacia los hogares, mediante smart apps y smart devices**

En 2018, el IoT se expandió en hogares a través de smart apps y dispositivos inteligentes, automatizando tareas y optimizando consumo. La tecnología conectada transformó espacios en entornos eficientes, facilitando el control remoto y mejorando la calidad de vida diaria.

#### **Eric Sadin publica "La inteligencia artificial o el desafío del siglo"**

La hipótesis de este libro clave es que la causa (y no la consecuencia) de la pregnancia del fenómeno de la inteligencia artificial es un cambio de estatuto de las tecnologías digitales: de ser prótesis acumulativas e intelectivas –porque permiten el almacenamiento, la indexación y el tráfico veloz de información–, han pasado a ser entidades de las que se espera que enuncien una verdad a partir de la interpretación automatizada de situaciones.

#### **Albert Cortina publica "Humanismo avanzado para una sociedad biotecnológica"**

Para Cortina, la "nueva utopía" en el siglo XXI se resume en la idea de "liberar al ser humano de las reglas de la evolución biológica", pero este objetivo es paradójico porque puede terminar conduciendo

a un mundo en el que las personas hayan perdido su libertad, esclavizadas por un control extremo basado precisamente en la tecnología. Por esta razón propone utilizar "los métodos clásicos: la democracia y un refuerzo de la interioridad en el que las distintas tradiciones religiosas tendrán mucho que decir" si se quiere construir una sociedad tecnológica "avanzada, justa, libre y feliz" basada en un humanismo real.

#### **Molly Wright Steenson publica "Architectural Intelligence"**

Christopher Alexander, mucho antes de su libro de 1977 "A Pattern Language", utilizó la computación y la estructura para visualizar problemas de diseño; Wurman popularizó la noción de "arquitectura de la información"; Price diseñó algunos de los primeros edificios inteligentes; y Negroponte experimentó con las formas en que las personas experimentan la inteligencia artificial, incluso a escala arquitectónica. Steenson investiga cómo estos arquitectos traspasaron los límites de la arquitectura y cómo sus experimentos arquitectónicos traspasaron los límites de la tecnología.

#### **"Atrou Bridge"**

eCAADe - Tema: "Computing for a better tomorrow"

ACADIA - Tema: "Recalibration"

CAADRIA - Tema: "Learning, Prototyping and Adapting"

SIGraDi - Tema: "Technopolitics"

### **2019: Auge de las tecnologías biométricas y de la realidad mixta**

Las formas de reconocimiento y autenticación biométrica se perfeccionan como tecnologías de control, estableciendo sutiles fronteras de seguridad que se solapan con los sistemas de crédito social de estilo chino, y los sistemas de control político occidentales.

#### **Popularización de la impresión 3D**

La impresión 3D, acicateada por la Cuarta Revolución Industrial, baja sus costos, tanto de equipos como de filamentos. Proliferan las tecnologías libres, DIY, y open source, además de las tecnologías privadas que lideran el mercado.

#### **"The Metainterface. The Art of Platforms, Cities, and Clouds", de Christian Ulrik Andersen y Søren Bro Pold**

La interfaz de la computadora es omnipresente e invisible, a la vez incrustada en los objetos cotidianos y caracterizada por intercambios ocultos de información entre objetos. La interfaz se ha trasladado de la oficina a la cultura, con dispositivos, aplicaciones, la nube y flujos de datos como nuevas plataformas culturales. En The Metainterface, Andersen y Pold examinan las relaciones entre el arte y las interfaces, rastreando la disrupción de la interfaz de las prácticas culturales cotidianas.

#### **Mahesh Daas y Andrew John Wit editan "Towards a robotic architecture"**

Según los autores, la robótica y la inteligencia artificial representan la próxima tecnología de vanguardia para transformar los campos de la arquitectura y el diseño. El auge de la última década hacia sistemas de construcción más definidos computacionalmente y software de diseño de código abierto altamente adaptable ha dejado el campo listo para la integración de la robótica a través de la fabricación de edificios a gran escala o mediante sistemas de construcción más inteligentes y adaptables.

#### **María Ptqk publica "Especies del Chthuluceno. Panorama de prácticas para un planeta herido"**

María Ptqk ofrece un recorrido por la multiplicidad de la vida en el que se cruzan la filosofía experimental y las prácticas artísticas, la ciencia ficción y la ecología, las humanidades ambientales y las cosmovisiones indígenas.

#### **"Mejores que los humanos". Serie rusa de Netflix**

La historia tiene lugar en un futuro cercano en el que los androides sirven a la población en varias posiciones, incluso reemplazando a los humanos en algunos trabajos. Crían a los niños y cumplen tareas domésticas y de seguridad. La serie cuestiona los valores humanos en función de las nuevas formas de "vida" artificial, cuestionando asimismo la validez de las Tres Leyes de la Robótica de Asimov.

#### **"Templo LUUM". Proyecto de CO-LAB Design Office. Tulum, México**

eCAADe - Tema: "Architecture in the Age of the 4th Industrial Revolution" eCAADe + SIGraDi

ACADIA - Tema: "Ubiquity and Autonomy"

CAADFutures - Tema: "Hello, Culture!"

CAADRIA - Tema: "Intelligent & Informed"

SIGraDi - Tema: "Architecture in the Age of the 4th Industrial Revolution" eCAADe + SIGraDi

## **GRAN REINICIO**

### **2020: Inicia la crisis mundial del Covid-19**

La crisis representa la paralización parcial del mundo, cuestionando la presencialidad y estableciendo el telemodelo como reemplazo del modelo tradicional. La investigación acelerada por las vacunas se vuelve la mayor carrera científica.

#### **Surgen movimientos anti tecnologías 5G, conspiracionistas del COVID, y "neoluditas"**

Surgen los negacionistas, conspiracionistas, neoluditas y otras vertientes ideológicas que cuestionan la naturaleza de la pandemia, y especialmente el rol de la tecnología, en concreto la tecnología 5G.

#### **Elon Musk anuncia la conducción con autonomía total en Tesla**

Según Musk, la conducción autónoma se convertirá en un elemento esencial e imprescindible de la conducción. Sostiene que aquellas marcas que no apuesten por ella están condenadas a la irrelevancia.

### **Puesta en marcha de las tecnologías 5G**

Las tecnologías 5G permitirán la mayor interconexión global jamás alcanzada, a velocidades extremas. Interconectarán objetos, dispositivos, edificios, y personas.

### **Los VANT se expanden en usos y prestaciones**

Los vehículos aéreos no tripulados (VANT) son una de las tecnologías definidas como de desarrollo prioritario en la Cuarta Revolución Industrial. Su coste se ha vuelto accesible al gran mercado, y sus utilidades comerciales no dejan de multiplicarse.

### **Matteo Pasquinelli publica "The Noosphere Manifested: Artificial Intelligence as Instrument of Knowledge Extractivism"**

Pasquinelli y Joler retoman la temática de la inteligencia artificial como motor de extracción de datos, la robotización del análisis de los mismos, y su vinculación con el mundo del trabajo en un entorno de robotización total.

### **George Zarkadakis publica "Cyber Republic: Reinventing Democracy in the Age of Intelligent Machines"**

Frente a la crisis mundial de las democracias, y la pérdida de fe en las mismas por las sociedad, la automatización amenaza con transformar la economía libre en un juego de suma cero en el que el capital gana y el trabajo pierde. George Zarkadakis plantea un análisis sobre si es evitable esta distopía digital, proponiendo una guía para la Cuarta Revolución Industrial y el mundo pospandémico.

### **"Embodied Computing Wearables, Implantables, Embeddables, Ingestibles", editado por Isabel Pedersen y Andrew Iliadis**

Los autores examinan tecnologías que van desde monitores de actividad física hasta implantes neuronales. Discuten temas que incluyen las implicaciones políticas de los ingeribles; el potencial invasivo de las redes de área corporal, que transmiten datos desde dispositivos corporales a Internet; experimentos de cyborg, que conectan un cerebro humano directamente a una computadora; y otros dispositivos de control electrónicos intrusivos; el "fashiontech", que ofrece a los usuarios un aura de "genialidad" a cambio de sus datos; y la "última frontera" del tecnosupremacismo: tecnologías que buscan leer nuestra mente.

### **Achim Menges y Jan Knippers editan "Architecture Research Building"**

Al explorar métodos de producción robóticos y desarrollos de materiales innovadores, Menges y Knippers logran desarrollar sistemas de construcción digitales genuinos que combinan elegancia arquitectónica con una construcción efectiva. Tomando como ejemplos pabellones y edificios terminados, los autores demuestran la viabilidad de las hipótesis subyacentes que empujan de manera notable los límites de la construcción.

### **Material Ecology. Muestra de Neri Oxman en el MoMA**

Oxman, fundadora de The Mediated Matter Group del MIT Media Lab, ha desarrollado no solo nuevas formas de pensar sobre materiales, objetos, edificios y métodos de construcción, sino también nuevos marcos para la interdisciplinariedad, incluso entre especies. Su enfoque pionero, que ella llama "ecología de materiales", combina la ciencia de los materiales, las tecnologías de fabricación digital y el diseño orgánico para crear nuevas posibilidades para el futuro. Si bien individualmente estas obras son estéticamente apreciables, juntas presentan una nueva filosofía de diseñar, hacer, e incluso deshacer, el mundo que nos rodea, y esto es lo que la muestra pretende expresar.

eCAADe - Tema: "Anthropologic – Architecture and Fabrication in the cognitive age"

ACADIA - Tema: "Distributed proximities"

CAADRIA - Tema: "RE:Anthropocene"

SIGraDi - Tema: "Transformative design"

## **2021: El Big Tech se posiciona por encima de cualquier gobierno y monopoliza el control de las redes**

Luego de las acusaciones de fraude en las elecciones de los Estados Unidos, el Big Tech resuelve cerrar definitivamente las cuentas de redes sociales hegemónicas de Donald Trump. Asimismo, resuelve el boicot a otras redes menores, y determinan la clausura de Parler, como un aviso a otras empresas. Esto posiciona definitivamente al Big Tech por sobre la democracia, y la pone en duda.

### **Lanzamiento de Dall-E por parte de OpenAI**

El lanzamiento de DALL-E en 2021 revolucionó la generación de imágenes por IA, transformando descripciones textuales en creaciones visuales sorprendentes y abriendo nuevas posibilidades artísticas.

### **Eric Sadin publica "La era del individuo tirano. El fin de un mundo común"**

Sadin ofrece un análisis nuevo y trágico del colapso de nuestro mundo común a través de una perspectiva histórica, política, social, económica y técnica, para repensar mejor los términos de un contrato social capaz de volver a unir a la humanidad.

### **Peter Dauvergne publica "AI in the Wild. Sustainability in the Age of Artificial Intelligence"**

Las herramientas de IA se están implementando cada vez más en la batalla por la sostenibilidad global. Sin embargo, Dauvergne reclama cautela al declarar a la IA como la salvación del planeta. Evita la exageración impulsada por la industria de la inteligencia artificial y ofrece una visión crítica, explorando tanto los beneficios potenciales como los riesgos del uso de la inteligencia artificial para promover la sostenibilidad global.

### **Germaine Halegoua publica "Smart cities" Ritu Raman publica "Biofabrication"**

Halegoua pone en cuestionamiento la visión utópica de las smart cities y las define como salas de exposición para la aplicación práctica de la Internet de las cosas, la computación en la nube y la integración de big data en la vida cotidiana. Construye una introducción concisa a las ciudades inteligentes, interpelando su naturaleza real, y su vinculación con las democracia y el control del pueblo.

### **Yuk Hui publica "Fragmentar el futuro. Ensayos sobre tecnodiversidad"**

Según sostiene Hui, no existe un único patrón tecnológico universal respecto del cual algunos países y culturas estarían más avanzados o relegados, sino múltiples cosmotécnicas que expresan diferentes modos de sentir y ordenar la experiencia. La recuperación de esa tecnodiversidad históricamente trazable es una tarea crucial si queremos poner en cuestión los supuestos ontológicos y epistemológicos de la tecnología moderna y resituarla en realidades más amplias que el mundo calculable.

### **"FlyFire", de Carlo Ratti**

eCAADe - Tema: "Towards a new, configurable architecture"  
ACADIA - Tema: "Realignments: Toward Critical Computation"  
CAADFutures - Tema: "Design Imperatives: The Future is Now"  
CAADRIA - Tema: "Projections"  
SIGraDi - Tema: "Designing possibilities"  
ASCAAD - Tema: "The Age of Disruptive Technologies"

### **2022: Auge de la IA generativa**

El auge de la IA generativa en 2021 revolucionó la industria digital, permitiendo la creación automática de imágenes, textos y música mediante algoritmos avanzados. Esta innovación impulsó notablemente la creatividad y abrió debates sobre derechos de autor, transformando radicalmente múltiples sectores artísticos y tecnológicos globalmente.

### **Aparece StableDiffusion con Licencia Creative ML OpenRAIL-M**

El surgimiento de Stable Diffusion, impulsado por Creative ML Openrail M, transforma la generación de imágenes. Estas herramientas de código abierto democratizan el acceso a potentes modelos de difusión, fomentando la creatividad colaborativa y expandiendo las fronteras del arte digital. Su innovación impulsa una nueva era en la creación visual.

### **Lanzamiento de Dall-E-2**

El lanzamiento de DALL-E 2 en 2022 revolucionó la generación de imágenes mediante inteligencia artificial, ofreciendo mayor resolución, coherencia y diversidad creativa. Este avanzado modelo transforma descripciones textuales en obras visuales, impulsando innovaciones en diseño y arte digital, y marcando un hito que redefine la interacción entre creatividad y tecnología.

### **Neil Leach publica "Architecture in the Age of Artificial Intelligence: An Introduction to AI for Architects"**

Neil Leach revela cómo la inteligencia artificial impulsa horizontes en arquitectura y diseño, mostrando ejemplos actuales y escenarios futuros. En este primer volumen, explica qué es la IA, cómo opera y por qué sus aplicaciones son decisivas para concebir edificios y ciudades. Describe usos de la IA en la arquitectura, la gestión de datos y la optimización de proyectos.

### **Matía Del Campo publica: "Neural Architecture: Design and Artificial Intelligence"**

En "Neural Architecture", Matías del Campo indaga la aplicación de la inteligencia artificial en la arquitectura, combinando humanidades y artes visuales. Destaca el auge de la IA y su relación con la cultura material y simbólica, a la vez que subraya sus implicaciones éticas en la práctica arquitectónica.

eCAADe - Tema: "Co-creating the Future: Inclusion in and through Design"  
ACADIA - Tema: "Hybrids & Haecceities"  
CAADRIA - Tema: "Post-carbon"  
SIGraDi - Tema: "Critical appropriations"  
ASCAAD - Tema: "Hybrid Spaces of the Metaverse"

### **2023: La impresión 3D se pone al servicio de la producción de medicamentos, nuevos materiales y de elementos orgánicos: comida, órganos humanos**

La impresión 3D en la producción de medicamentos permite fabricar fármacos personalizados, optimizando dosis, formas y liberación. Esta tecnología revoluciona la industria farmacéutica, reduciendo tiempos, costos y desperdicios, y posibilitando tratamientos adaptados a necesidades individuales, abriendo nuevos horizontes en medicina personalizada y mejorando la eficacia terapéutica para pacientes críticos hoy.

### **Popularización de StableDiffusion como modelo de IA open source**

La popularización de Stable Diffusion, potenciada por ComfyUI, ha revolucionado la generación de imágenes por IA. Este modelo open source democratiza la tecnología, permitiendo personalización y experimentación en tiempo real. Gracias a su interfaz intuitiva, artistas y desarrolladores exploran nuevos horizontes creativos, impulsando innovación y colaboración global, abriendo posibilidades ilimitadas.

### **Mario Carpo publica "Beyond Digital: Design and Automation at the End of Modernity"**

La producción en masa, base de la modernidad, buscaba economías de escala mediante estandarización en construcción. En Beyond Digital, Mario Carpo demuestra que la fusión de automatización robótica e inteligencia artificial revierte ese paradigma, permitiendo construcciones flexibles y adaptativas ante la crisis climática y pandemia.

### **Neil Leach publica "Machine Hallucinations: Architecture and Artificial Intelligence (Architectural Design)"**

La inteligencia artificial ya permea nuestra vida cotidiana, desde smartphones hasta arte. Este número de AD investiga su impacto en arquitectura, donde se usa en diseño y fabricación. Se analizan sus capacidades como inteligencia aumentada, su autonomía y el porvenir que abre para la disciplina.

eCAADe - Tema: "Digital design reconsidered"  
ACADIA - Tema: "Habits of the Anthropocene"  
CAADFutures - Tema: "INTERCONNECTIONS: Co-computing beyond boundaries"

CAADRIA - Tema: "Human centric"  
SIGraDi - Tema: "Accelerated landscapes"  
ASCAAD - Tema: "C+++ : Computation, Culture, and Context"

#### 2024: Figure01 y OpenAI generan su primera impersonación robótica con ChatGPT

Figure01 y OpenAI han generado su primera impersonación robótica con ChatGPT, un hito que emula la comunicación humana de manera sorprendente. Esta innovación abre nuevas posibilidades en interacción, educación y asistencia virtual, demostrando el creciente potencial de la inteligencia artificial para transformar interacciones y redefinir experiencias tecnológicas.

#### Anthropic y Claude3 desafían la hegemonía de ChatGPT 4

Anthropic y su Claude3 irrumpen en el mercado de la inteligencia artificial, desafiando la hegemonía de ChatGPT 4. Con innovaciones en algoritmos y procesamiento del lenguaje, impulsan una competencia, estimulando avances tecnológicos y ampliando las perspectivas en la conversación automatizada.

#### Lanzamiento de SORA

El lanzamiento de SORA marca un hito tecnológico, presentando una plataforma innovadora que promete revolucionar su sector. Con un enfoque en la eficiencia, la personalización y la integración de tecnologías avanzadas, SORA impulsa nuevas formas de colaboración y desarrollo, abriendo horizontes en un mercado cada vez más competitivo y dinámico.

#### Proliferan las IA de generación de imágenes, voz, y vídeo

En 2024 se ha acelerado el desarrollo de la inteligencia artificial en la generación de gráficos, voz y vídeo. Estas tecnologías, cada vez más precisas y accesibles, revolucionan la industria creativa, permitiendo contenidos audiovisuales realistas y personalizados. La proliferación de estas herramientas redefine paradigmas en comunicación, entretenimiento y producción multimedia.

#### Las IA de modelos de lenguaje comienzan a tomar el trabajo de varios seres humanos

En 2024, los modelos de lenguaje basados en IA han avanzado al punto de asumir tareas que antes realizaban profesionales, desde redacción y traducción hasta atención al cliente y creación de contenido. Esta tendencia, al mejorar eficiencia y reducir costos, plantea desafíos, generando debates sobre el futuro del empleo y la necesidad de adaptarse a nuevas formas de trabajo.

#### Ray Kurzweil publica "The Singularity Is Nearer: When We Merge with AI"

Ray Kurzweil analiza su predicción de que la IA alcanzará inteligencia humana, examinando el crecimiento exponencial tecnológico. Aborda nanobots, extensión vital, conexión cerebro-nube, innovación en energías renovables y riesgos en biotecnología y automoción, transformando el futuro global.

#### Matías Del Campo publica "Diffusions in Architecture: Artificial Intelligence and Image Generators"

Matías del Campo publica "Diffusions in Architecture: Artificial Intelligence and Image Generators", explorando la intersección entre inteligencia artificial y arquitectura. Su obra desafía paradigmas tradicionales, proponiendo métodos innovadores y resaltando el impacto transformador de las herramientas generativas en el diseño.

#### Eric Sadin publica "La vida espectral. Pensar la era del Metaverso y las inteligencias artificiales generativas"

El "fantasma" que recorre el globo simboliza nuestra vida técnica: perfiles, trabajo digital y consumo se transforman en espejismos que alienan nuestra existencia. Según Eric Sadin, el capitalismo vampiriza la vida convirtiéndola en datos, delegando en máquinas la capacidad de enunciar verdades. Este proceso exige indudablemente una respuesta política urgente.

eCAADe - Tema: "Data-driven Intelligence"

ACADIA - Tema: "Designing change"

CAADFutures - Tema: "COMPUTATIONAL DESIGN AND TERRITORIAL RESILIENCE"

CAADRIA - Tema: "Accelerated Design"

SIGraDi - Tema: "Biodigital Intelligent Systems"

ASCAAD - Tema: "Computational design and territorial re4silience"

#### 2025: Expansión de los robots antropomórficos

Empresas como 1X Technologies, Boston Dynamics y Agility Robotics han desarrollado robots humanoides con capacidades autónomas mejoradas, integrando IA avanzada para desempeñar roles en entornos domésticos, industriales y comerciales.

#### Gemelos digitales a gran escala

Proyectos como el Earth Digital Twin del Barcelona Supercomputing Center permiten modelar y predecir fenómenos ambientales con precisión sin precedentes, integrando datos en tiempo real para la planificación sostenible.

#### El gobierno de Estados Unidos anuncia Stargate

OpenAI, Oracle, SoftBank y Trump se asocian en una inversión histórica en inteligencia artificial, impulsando innovación tecnológica, generando debate ético y transformando la industria global.

#### El gobierno chino anuncia DeepSeek

DeepSeek democratiza la inteligencia artificial al facilitar el acceso a tecnología avanzada, impulsar innovación, reducir barreras económicas y fomentar la transformación digital en sectores clave.

eCAADe - Tema: "Confluence"

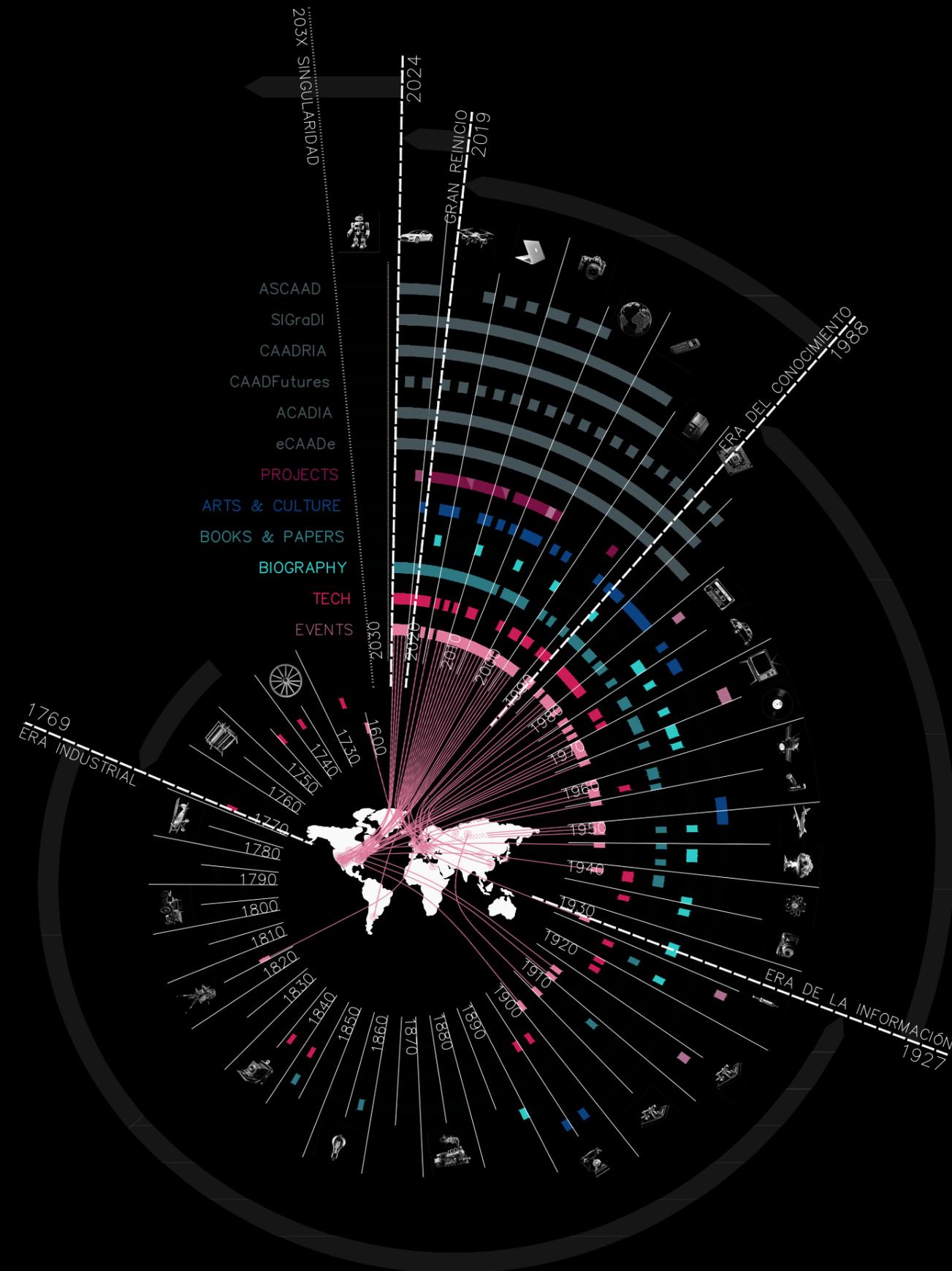
ACADIA - Tema: "COMPUTING for RESILIENCE : Expanding Community Knowledge & Impact"

CAADFutures - Tema: "CATALYTIC INTERFACE"

CAADRIA - Tema: "Architectural Informatics"

SIGraDi - Tema: "Meta responsive approaches"

# INTELIgrama



## 7. Conclusión. El camino hacia la singularidad.

*“After the Singularity, most people chose to die.*

*The dead pity us and call us the left behind, as if we were unfortunate souls who couldn't get to a life raft in time. They cannot fathom the idea that we might choose to stay behind. And so, year after year, relentlessly, the dead try to steal our children.”<sup>1</sup>*

Ken Liu. Fragmento del relato *“Staying behind”*.

### 7.1. Reconocer los orígenes como modo de establecer una genealogía.

A lo largo de esta tesis, se ha procurado explorar en profundidad el concepto de convergencia físico-digital de cara al probable advenimiento de un escenario de singularidad tecnológica. A través de un recorrido histórico que abarca desde los orígenes de la automatización y los fundamentos teóricos de la cibernética hasta las manifestaciones más recientes de la inteligencia artificial en la práctica proyectual, se ha trazado una genealogía de este fenómeno complejo y multidimensional.

La contribución central de esta investigación ha sido la identificación conceptual de tres hallazgos o contribuciones esenciales, que son: la idea de emancipación proyectual, la de supercognición y la de fabricación de mundos. Estos tres conceptos buscan capturar las nuevas dinámicas y potencialidades que emergen en la intersección entre diseño, tecnología y pensamiento computacional. De hecho, se puede afirmar que no solo abren nuevas vías para la reflexión teórica, sino que también constituyen una invitación a llevar a cabo un replanteamiento radical sobre la naturaleza misma del proceso creativo y el rol del diseñador en un mundo cada vez más moldeado por la simbiosis entre lo humano y lo no humano, especialmente lo maquínico y tecnológico.

Esta construcción de una genealogía de la convergencia físico-digital, desde sus raíces en la cibernética y el pensamiento computacional de mediados del siglo XX hasta sus manifestaciones más recientes en la integración de la inteligencia artificial y

---

<sup>1</sup> “Después de la Singularidad, la mayoría eligió morir. Los muertos nos tienen lástima y nos llaman los abandonados, como si fuéramos almas desafortunadas que no lograron llegar a una balsa salvavidas a tiempo. No pueden comprender la idea de que podríamos elegir quedarnos atrás. Y así, año tras año, implacablemente, los muertos tratan de robarnos a nuestros hijos.” Traducción del autor.

la fabricación digital en los procesos proyectuales, ha permitido identificar momentos clave y figuras pioneras en la historia de esta convergencia, como el trabajo seminal de Gordon Pask sobre la cibernética y la arquitectura conversacional, las exploraciones de Christopher Alexander en torno al lenguaje de patrones, o las visiones especulativas de Nicholas Negroponte y el Architecture Machine Group sobre la simbiosis entre controladores (arquitectos) y entidades controladas (proyectos). A su vez, el análisis de antecedentes proyectuales y referentes teóricos contemporáneos, como el trabajo de Gramazio & Kohler en la robótica aplicada a la construcción, las investigaciones de Neri Oxman en torno a la materialidad digital y la bioinspiración, o las reflexiones de Mario Carpo sobre el impacto del giro digital en la autoría y la colaboración en el diseño, han permitido comprender las lógicas y las implicancias de la convergencia físico-digital en la práctica y el pensamiento arquitectónicos del momento actual. En base a esta genealogía surgen los tres conceptos clave arriba referidos, para pensar el futuro de lo proyectual en la era de la convergencia y la singularidad.

## 7.2. Definir las claves para pensar el futuro de la convergencia físico-digital.

La noción de “emancipación proyectual” busca dar cuenta de las posibilidades liberadoras que las nuevas tecnologías ofrecen para la creatividad y la imaginación en el diseño, al permitir superar las limitaciones de las herramientas y los métodos tradicionales, y al habilitar la generación de formas, estructuras y materialidades inéditas. Pero al mismo tiempo, advierte sobre el riesgo de una automatización acrítica de los procesos proyectuales, que podría llevar a una pérdida de control y de agencia por parte de los diseñadores humanos. A su vez, el concepto de “supercognición proyectual”, por su parte, refiere a la potenciación de las capacidades cognitivas y creativas de los arquitectos a través de la colaboración sinérgica con sistemas de inteligencia artificial. Esta noción plantea la posibilidad de una amplificación y una expansión de la inteligencia de diseño, pero también la necesidad de desarrollar nuevas habilidades y sensibilidades para operar en un entorno de creciente complejidad e incertidumbre. Por último, la idea de “fabricación de mundos” apunta a la dimensión ontológica y existencial de la convergencia físico-digital, en tanto implica no solo la producción de objetos construidos, sino la creación de realidades híbridas y multidimensionales que desafían las distinciones tradicionales entre lo natural y lo artificial, lo material y lo informacional, lo actual y lo virtual. Este concepto es, en sí, un

modo de interpretar el diseño y la arquitectura como prácticas de *worldmaking*, en el sentido de Goodman (1978), pero también de *world models*<sup>2</sup>, es decir, de construcción de mundos, con todas las responsabilidades éticas y políticas que ello conlleva. Estos conceptos emergen pues como herramientas conceptuales para navegar en un nuevo territorio incierto, y para reivindicar asimismo el rol trascendental de la creatividad y la imaginación humanas en un mundo cada vez más modelado por algoritmos y automatismos.

La convergencia físico-digital pues, es entendida como el entrelazamiento cada vez más estrecho entre los mundos material y virtual, físico y de datos, que se presenta como un proceso acelerado por los avances tecnológicos de las últimas décadas y de los últimos años, como lo son el auge actual de la inteligencia artificial, la fabricación digital, los escenarios de AR/VR/MR y la denominada computación ubicua. Este proceso no solo está transformando las herramientas y metodologías de trabajo en el mundo del diseño, sino que también está reconfigurando la propia relación humana para con los objetos, los espacios y la materialidad misma.

Esta cartografía conceptual, así como la reconstrucción histórica que se ha realizado proveen, pues, de un marco teórico para pensar las implicancias y los desafíos en el contexto de una probable singularidad tecnológica. Un marco que, lejos de ofrecer respuestas definitivas o prescripciones normativas, busca abrir nuevas preguntas y líneas de investigación para el debate disciplinar y cultural sobre el futuro de la relación de lo humano con la tecnología y la materialidad. La hipótesis de una singularidad tecnológica, es decir, de un punto de inflexión en el que la inteligencia artificial superaría a la inteligencia humana, lleva a cabo un cuestionamiento profundo sobre el rol del diseñador-controlador -desde una perspectiva cibernética- en un mundo donde las máquinas podrían automatizar y optimizar gran parte de los procesos creativos y constructivos.

Según consignan Alonso y Arzoz (2002), los mitos de singularidad tienen una base en el digitalismo, o lo que Harari (2016), más recientemente, denominó el dataísmo, o la primera religión digital. Como toda religión, precisa de preceptos inmutables, promesas sublimes, y ceremonias sagradas, siendo estas últimas primordiales para

---

<sup>2</sup> <https://worldmodels.github.io>  
Fecha de consulta: Abril 2024.

solidificar y reforzar esas promesas, al tiempo que los preceptos le dan coherencia interna y estabilidad global a todo el credo. Ya desde tiempos muy pretéritos, el hermetismo ofrecía una serie de logros y objetivos, que según se creía, solo podían ser conseguidos mediante el dominio de la magia. Aquí entraban la transmutación, la búsqueda de la inmortalidad, la creación de autómatas, o la construcción del paraíso en la Tierra. Todos estos objetivos serían alcanzables por medio de la magia y por quienes se iniciasen en ella. Acaso lo más intrigante de esto viene del aserto de Arthur C. Clarke, al decir que “cualquier tecnología lo suficientemente avanzada es indistinguible de la magia”. En el momento actual, el dataísmo funge como una suerte de tecno-hermetismo, donde las inteligencias artificiales, los avatares, y los autómatas se erigen como los nuevos Golems, reviviendo así los antiguos mitos en un contexto tecnológico. Los mitos de la singularidad se erigen como una nueva promesa redentora, la cual ha sido expuesta desde los puntos de vista de los aceleracionistas, los transhumanistas, y los posthumanistas. No obstante, el trabajo expuesto en esta tesis no fue meramente descriptivo o analítico, sino también propositivo y especulativo. A partir de una revisión crítica de las hipótesis, especulaciones e incluso fantasías que rodean a la singularidad tecnológica, y de un diálogo con perspectivas filosóficas y culturales diversas, se propuso imaginar y articular nuevas formas de pensar y actuar en la era de la convergencia físico-digital.

Al llegar a este punto, es menester aclarar que la idea de la singularidad se presenta aquí como un concepto de *do-be-faz*. Apelando a las reflexiones de Tatulyan (2022) sobre las fantasías posthumanistas que rodean a la idea de singularidad tecnológica, se construye además una perspectiva crítica y esclarecedora para pensar los límites y los riesgos de la convergencia físico-digital y la singularidad de lo humano como contracara del eventual advenimiento de la singularidad tecnológica.

Se advierte asimismo el peligro de una visión tecno-utópica que celebra acríticamente la fusión entre lo humano y lo maquínico, y que ve en la singularidad el advenimiento de una era de superación de las limitaciones biológicas y de expansión ilimitada de la inteligencia. Frente a esta idea de trascendencia y de inmortalidad, hay que pensar que la búsqueda de una fusión total entre el ser humano y la máquina, lejos de conducir a la humanidad a una singularidad excepcional, podría llevarla también a una homogeneización y una pérdida de lo que Tatulyan (2022) denomina “la singularidad

radical” que define a lo humano. Hipótesis fantasiosas como las de los profetas del tecno-hermetismo, o teorías como la del Basilisco de Roko abonan esta teoría.

En efecto, la promesa posthumanista de una inteligencia artificial que supere y vuelva obsoleta a la inteligencia humana conlleva el riesgo de una estandarización y una uniformización del pensamiento, en la medida en que los algoritmos y los sistemas computacionales, por más sofisticados que sean, operan según lógicas de optimización y eficiencia que tienden a reducir la diversidad y la diferencia. Frente a la singularidad de la vida y de la mente humana, con su capacidad para la contradicción, la ambigüedad y la creatividad, la inteligencia artificial se presenta como una forma de replicación y de extrapolación sobre lo conocido, como una forma de alucinación maquínica, a la cual se le ha puesto en cuestionamiento muchas veces su verdadero carácter creador.

Es por eso que, al margen de aceptar la inteligencia artificial como fuerza motriz e inteligente de la convergencia, es menester reivindicar también el lenguaje y el pensamiento de la humanidad, como formas de resistencia frente a la amenaza de una reducción computacional de la condición humana. El lenguaje, en tanto capacidad singular de crear sentido y de imaginar mundos posibles, y el pensamiento, en tanto potencia de cuestionamiento y de crítica de lo dado, aparecen como bastiones de la singularidad humana frente a la estandarización y la homogeneización que implican las ideas y las utopías posthumanistas.

### 7.3. Reivindicar la singularidad humana frente a los mitos posdigitales.

No obstante, esta reivindicación de lo humano no implica en absoluto una negación o un rechazo de las tecnologías digitales y de las posibilidades que ofrecen para ampliar y enriquecer sus capacidades cognitivas y creativas. Se trata, más bien, de buscar un equilibrio y una complementariedad entre el aprovechamiento de estas tecnologías y la preservación de aquello que construye irreductiblemente a la humanidad: su capacidad para el lenguaje, para la imaginación, para la emoción y para la empatía. En este sentido, esta tesis es una invitación a pensar la convergencia físico-digital no como una disolución de lo humano en lo maquínico, sino como una oportunidad para reafirmar y potenciar la singularidad humana en un entorno cada vez más tecnologizado. Se trata de imaginar formas de colaboración y de simbiosis entre la

inteligencia humana y la inteligencia artificial que, lejos de anularse mutuamente, se potencien y se enriquezcan recíprocamente.

Esto implica, por un lado, un esfuerzo por desarrollar tecnologías y sistemas computacionales que sean capaces de aprender, adaptarse y evolucionar en diálogo con los usuarios humanos, en lugar de imponerles lógicas y estándares preestablecidos. Y por otro lado, requiere cultivar y fortalecer aquellas capacidades humanas que habiliten la apropiación crítica de las tecnologías para ponerlas al servicio de los valores y aspiraciones humanos. Aquí es donde el compromiso universitario y formativo debe construir la atalaya desde la cual posicionarse para afrontar la convergencia físico-digital.

En última instancia, la convergencia físico-digital y la posibilidad de una singularidad tecnológica no son destinos inevitables ni escenarios predeterminados, sino horizontes abiertos que dependen de las decisiones y las acciones en el presente. La responsabilidad de construir un futuro en el que la tecnología y la humanidad se potencien mutuamente, en lugar de anularse o subsumirse una en la otra, es una tarea ética y política que interpela a la sociedad toda. En este contexto, la cuestión del futuro y de la capacidad humana para imaginarlo y construirlo se vuelve más urgente y desafiante que nunca. Frente a la sensación de incertidumbre y de vértigo que puede producir la perspectiva de una singularidad tecnológica, la noción de hiperstición y el modelo del cono de futuros se presenta como un *kit* de herramientas conceptuales y prácticas para pensar y actuar sobre el porvenir de un modo proactivo y transformador.

La hiperstición, tal como se ha visto, se define como es una forma de ficción que, a través de su circulación y su repetición, tiene el poder de transformarse en realidad y de moldear el futuro. Se trata de ideas, imágenes o narrativas que, al ser compartidas y asumidas por un colectivo, adquieren una capacidad performativa y una agencia efectiva para catalizar cambios y materializar nuevas posibilidades. En el ámbito del diseño y la arquitectura, la hiperstición puede operar como una forma de especulación y de experimentación que, lejos de limitarse a representar o anticipar escenarios futuros, contribuye activamente a generarlos y a darles forma. Así, la emancipación proyectual, la supercognición o la fabricación de mundos pueden entenderse como hipersticiones que, al ser enunciadas y exploradas en la teoría y en la práctica, abren

nuevos espacios de posibilidad y de agencia para el diseño en la era de la convergencia físico-digital.

Pero para que estas hipersticiones puedan desplegar todo su potencial transformador, es necesario concebirlas no como visiones cerradas o predeterminadas del futuro, sino como vectores de un espacio de posibilidades múltiples y ramificadas. Y es aquí donde el modelo del cono de futuros, propuesto por autores Joseph Voros, resulta especialmente útil para pensar el porvenir no como una línea única y predecible, sino como un abanico de escenarios posibles que se despliegan a partir del presente. Desde los futuros potenciales que están latentes en las tendencias y las capacidades actuales, hasta los futuros deseables que encarnan las aspiraciones y valores más elevados, el cono nos muestra un gradiente de alternativas y de bifurcaciones que son posibles de ser exploradas y modeladas a través de las acciones y decisiones del presente.

El futuro no está escrito. Es un espacio de disputa y de creación colectiva en el que cada uno ostenta un rol y una responsabilidad. Un espacio en el que el diseño y la arquitectura, en colaboración con otras disciplinas y saberes, pueden y deben jugar un papel esencial para construir mundos más justos, más sostenibles y más deseables. En tal sentido, parece conveniente referir a la perspectiva de Tripaldi (2023) sobre la materialidad inteligente y el "softness", en tanto ofrece una mirada sugerente para repensar la relación entre naturaleza, tecnología y diseño en el contexto de la convergencia físico-digital. Tomando como referencia la seda de la araña como un modelo de auto-organización y respuesta dinámica al entorno, Tripaldi contraviene la visión tradicional de la tecnología de lo físico como algo rígido y estático, y presenta la convergencia físico-digital de lo matérico como el desarrollo de materiales inteligentes y adaptativos, capaces de responder activamente a los estímulos y de modificar sus propiedades en función de las condiciones cambiantes del entorno. Una lógica que, lejos de ser una novedad absoluta, encuentra un antecedente muy claro en la historia ya referida del telar de Jacquard y en su relación con el software y la computación.

Así pues, retomando las ideas de Sadie Plant, Tripaldi sostiene que existe una profunda analogía entre el tejido y el software, en la medida en que ambos se basan en la emergencia de patrones complejos a partir de una matriz activa de elementos simples. Así como en el tejido los patrones y las formas no se imponen desde fuera,

sino que surgen de la interacción local entre los hilos y los nudos, en el software los algoritmos y las estructuras de datos no son una mera representación abstracta, sino el resultado de un proceso material de computación y de procesamiento de información. Esta analogía fortalece la necesidad de repensar las relaciones entre lo físico y lo digital, entre la materialidad y la computación, al tiempo que imaginar nuevas formas de diseño y fabricación digital basadas en los principios de auto-organización, emergencia y adaptabilidad que se reconocen en los materiales biológicos, tal como se ha visto en la obra y el discurso de Kuptsova. Un desafío que no es solo técnico, sino también cultural, en la medida en que implica desarrollar una visión más integradora y holística de la tecnología, capaz de aprender del entorno sin pretender dominarlo o explotarlo. Bajo este paradigma, la convergencia físico-digital, lejos de ser un *Minecraft* interactivo de objetos digitales inertes, o una sucesión de imposiciones artificiales tecno-pornográficas, se convierte en un sistema vivo y en un agente activo en la co-creación del hábitat y del futuro mismo.

Tal como en la cueva de Lascaux, donde la convergencia de lo físico y lo digital se manifestó en la transición desde las pinturas rupestres originales hasta su réplica digital accesible a través de realidad virtual, la evolución del mundo del diseño y el proyecto en la era de la convergencia físico-digital no implica una anulación o una sustitución de un mundo por otro, sino una vía de complementariedad y de sutil concurrencia mutua. Así como los visitantes de Lascaux pueden apreciar la riqueza y complejidad del arte paleolítico a través de su simulación digital sin que ello comprometa el valor y la singularidad de la cueva original, la experiencia de habitar espacios físico-digitales, entornos híbridos y arquitecturas responsivas en las cuales lo material y lo computacional se entretajan de manera compleja y fluida, no supone la disolución de lo matérico, sino su amplificación, expansión sensorial y transformación. La réplica digital de la singular serendipia experimentada por los niños de Lascaux no debe representar una amenaza o una superación la cueva física, sino un modo de hacerla accesible y comprensible a nuevas generaciones, preservando su esencia a través de nuevos medios. Del mismo modo, y como una evolución de esta idea, la convergencia físico-digital no persigue la suplantación de lo humano por lo maquínico, sino la creación de nuevas formas de coexistencia y colaboración entre ambos. Una simbiosis bio-maquínica en la que la singularidad de la inteligencia humana, lejos de volverse obsoleta, se potencia y se expande a través de una fuerte interacción con sistemas artificiales cada vez más sofisticados y adaptativos. En este sentido, el

legado de Lascaux actúa como recordatorio de que la historia de la tecnología y la cultura no es la de una sucesión de rupturas y sustituciones, sino la de una continuidad compleja en la que cada nuevo avance, lejos de cancelar a los anteriores, los reinterpreta y los resignifica, integrándolos una resemantización permanente.

La irrupción de la inteligencia artificial y las tecnologías de fabricación digital en el campo de la arquitectura parecerían presentarse como el augurio de una transformación profundamente disruptiva para la profesión. Así como las revoluciones industriales anteriores redefinieron los modos de producción y las relaciones laborales, la actual convergencia físico-digital y la probable llegada de la singularidad tecnológica plantean a un tiempo una oportunidad y un desafío. Acaso el mayor de toda la historia. Por un lado, la automatización de tareas y la delegación de decisiones de diseño a sistemas de inteligencia artificial podrían volver obsoletos ciertos roles y competencias tradicionales. Muchos trabajos convencionales, tanto en las etapas de diseño como de construcción, van a ser sustituidos por algoritmos y máquinas, obligando a los profesionales a adaptarse y adquirir nuevas habilidades tecnológicas. Asimismo, la fabricación digital y la producción en fábrica de componentes constructivos podrían desplazar buena parte del trabajo actualmente realizado *in situ*, requiriendo una reconversión de los actuales obreros, es decir, la mano de obra tradicional y conocida, en operarios especializado, munidos de competencias técnicas indispensables. La analogía con la aparición del telar en la Primera Revolución Industrial es aquí más que clara. Por otro lado, la integración de la inteligencia artificial y la fabricación digital en la práctica arquitectónica abre una mirada de nuevas posibilidades para la creatividad, la eficiencia y la personalización. Los arquitectos podrían así liberarse de tareas rutinarias y enfocarse en aspectos más estratégicos y conceptuales del diseño, colaborando con sistemas inteligentes para explorar soluciones innovadoras. Además, la producción digital podrá eventualmente permitir una mayor flexibilidad y adaptación a las necesidades específicas de cada proyecto, usuario, y cliente. Sin embargo, estos cambios también suscitan importantes interrogantes sobre el futuro de la profesión y su rol social. La difuminación del rol de la autoría tradicional albertiana y renacentista, así como la emergencia de “agencias creadoras” híbridas, compuestas por humanos y máquinas, desafían todas las convenciones y nociones arraigadas de creatividad, responsabilidad y control. Asimismo, la posible emancipación proyectual de los sistemas de diseño basados en inteligencia artificial, capaces de generar soluciones impredecibles dentro de su propia caja negra, plantea dilemas éticos y prácticos sobre

la autonomía y la rendición de cuentas en el proceso proyectual. Frente a estos escenarios, es previsible la aparición de nuevas formas de resistencia y crítica a la tecnología, similares a los movimientos luditas del pasado. Algunos profesionales y sectores de la sociedad podrían oponerse -de hecho, ya lo hacen<sup>3</sup>- a la automatización del diseño y reivindicar el valor insustituible del juicio y la sensibilidad humana. Será especialmente importante, pues, fomentar un diálogo abierto y una reflexión crítica a todo nivel -especialmente el universitario- sobre las implicaciones de estas tecnologías, buscando un equilibrio entre la eficiencia y la ética, entre la innovación y la responsabilidad social, entre el valor del progreso y el respeto a lo que se conoce como la condición humana. La adaptación exitosa de la profesión arquitectónica a este nuevo contexto requerirá no sólo la adquisición de competencias técnicas, sino también una reformulación profunda de su identidad y propósito. La praxis proyectual permitirá a los arquitectos incrementar su potencialidad en tanto mediadores entre las posibilidades de la tecnología y las necesidades humanas, en profesionales visionarios, capaces de imaginar y materializar entornos que promuevan el bienestar y la sostenibilidad. Para ello, será esencial cultivar una mentalidad de aprendizaje continuo, de colaboración transdisciplinaria y de compromiso con los valores fundamentales de la profesión.

Así pues, el camino hacia la singularidad no es un destino inevitable, sino un horizonte abierto que interpela la capacidad humana para imaginar y construir futuros alternativos. Un horizonte en el que la tecnología y la humanidad puedan entrelazarse de manera sinérgica, potenciando mutuamente sus capacidades, sin anularse entre sí. La singularidad tecnológica, como mito fundacional de la era posdigital, insta a reconsiderar y redefinir lo que significa ser humano en un mundo donde las fronteras entre la realidad física y la simulación digitalizada, entre el cerebro y el algoritmo, se vuelven cada vez más indistintas. Es aquí donde la singularidad humana debe emerger, haciendo que la singularidad tecnológica deje de ser ese destino mítico de cajas negras predeterminado por los profetas del tecno hermetismo, y que la convergencia físico-digital se torne un campo de experimentación y debate sobre el tipo de futuro que queremos colectivamente construir.

---

<sup>3</sup> La conferencia de Eric Sadin en la Universidad Católica del Uruguay, el 12 de abril de 2024, titulada “La inteligencia artificial generativa, un crimen contra la condición humana”, es un ejemplo claro de ello.

## 8. Epílogo. Una pica en Flandes.

El origen de la expresión se remonta a la época en que los Tercios españoles combatían en los Países Bajos, concretamente en la región de Flandes, durante el siglo XVI. Enviar soldados y recursos hasta allí, en especial con las dificultades de la época, suponía un esfuerzo titánico y un inmenso desafío logístico. Con el tiempo, la frase comenzó a emplearse a manera de metáfora para referir a la realización de cualquier empresa que requiriese un esfuerzo supremo y extraordinario, pero posible.

A lo largo de toda la tesis, se ha construido el concepto y la esencia de la convergencia físico-digital como un fenómeno capaz de redefinir las relaciones entre la filosofía, la tecnología y el proyecto. Este recorrido ha abarcado desde los antecedentes históricos de la automatización y la cibernética hasta las implicancias contemporáneas de la inteligencia artificial, la fabricación digital y las diferentes formas de realidad digital en la práctica proyectual, hurgando en las ideas que sustentan la idea principal de la tesis, consistente en la posibilidad de un futuro donde la creatividad humana y la capacidad maquina se entrelazarán de manera irreversible. Así pues, el eje central de del trabajo radica en la identificación de varios conceptos fundamentales, entre los que corresponde aquí destacar tres: la emancipación proyectual, la supercognición y la fabricación de mundos.

La emancipación proyectual aborda las posibilidades liberadoras de las tecnologías digitales para superar las limitaciones de los métodos tradicionales de diseño, mientras alerta sobre los riesgos de una automatización acrítica que podría diluir la agencia del diseñador humano, desde en enfoque de la cibernética de segundo orden. Aquí es donde el acto de proyectar debería ser redefinido como una forma de *práxis convergente*. Esto es, una *práxis* donde las disciplinas del diseño, la tecnología y las humanidades tengan la capacidad de interactuar en un flujo de trabajo continuo e interdependiente. Este enfoque, que se desprende de las conclusiones arriba expuestas, propone un modelo educativo universitario que no solo sea capaz de responder a las demandas técnicas del presente, sino que también sea capaz incluir como elementos de proyecto los desafíos éticos, sociales y creativos del futuro, a partir de la inclusión de un pensamiento computacional crítico. Así, esta *práxis* convergente deviene de la asunción de que el diseño no es un acto lineal que transcurre desde la idea inicial hasta su materialización, sino un proceso dinámico,

recursivo e iterativo desde lo computacional. Las herramientas digitales y las metodologías proyectuales ya no se limitan a representar ideas preconcebidas, sino que actúan como catalizadores que generan nuevas formas de pensar y hacer, desde el paradigma de la simulación que, como se ha dicho antes, es superador del paradigma de la representación. En este marco, la universidad debe repensar sus currículas para integrar disciplinas tradicionalmente dispares, como la inteligencia artificial, la biofabricación, las teorías de sistemas y las humanidades digitales, en un modelo mucho más holístico de generación del proyecto. No se trata de negar los métodos del pasado sino de asumir los futuros posibles de la práctica profesional desde una nueva convergencia de desafíos tecnológicos, filosóficos y éticos actuales. Así pues, la eventual emancipación proyectual del control cibernético del agente creativo humano requerirá de esta nueva forma de praxis convergente, como forma de asumir una sinergia entre pensamiento computacional, control cibernético y agencia creativa humana. Esto, que sin dudas deberá ser un tema de análisis exhaustivo ulterior, exigirá asimismo un replanteamiento de ciertas dinámicas pedagógicas. Suplantando al modelo jerárquico de transmisión unidireccional del conocimiento, las instancias formativas deberán adoptar un enfoque mucho más horizontal y colaborativo, donde el rol docente deberá asimilarse más al de facilitador del acceso que de transmisor activo en relación vertical. Este modelo es coherente con las ideas referidas en la tesis acerca de Pask, donde la interacción dinámica entre humanos y máquinas genera nuevas formas de conocimiento a partir de la cibernética conversacional.

La idea de supercognición proyectual, también propuesta en la tesis, describe la capacidad de ampliar y potenciar las habilidades creativas, analíticas y resolutivas del diseñador a través de la colaboración sinérgica con sistemas de inteligencia artificial. En un contexto donde la convergencia físico-digital transforma las bases del proyecto arquitectónico, la supercognición no solo plantea una nueva relación entre humanos y máquinas, sino que redefine las nociones de autoría, creatividad y agencia en el diseño. Desde una perspectiva conceptual, la idea de supercognición también encuentra sus raíces en el pensamiento cibernético de Pask y su idea de la interacción humano-máquina como un proceso de aprendizaje bidireccional. La cibernética conversacional, se trata de un modelo en el cual las máquinas no solo ejecutan instrucciones, sino que también contribuyen al desarrollo del conocimiento al interactuar con los usuarios. Este enfoque tiene gran relevancia en el diseño

contemporáneo, donde los algoritmos de inteligencia artificial ya no se limitan a optimizar procesos o realizar tareas repetitivas, sino que generan alternativas proyectuales y participan activamente en la toma de decisiones creativas ofreciendo configuraciones espaciales que combinan análisis estructurales, ambientales y funcionales en tiempo real. De este modo, no solo se amplifica la capacidad del diseñador para procesar información compleja, sino que también se expande el gradiente de posibilidades creativas, con un involucramiento más orientado hacia lo matérico. En concreto, con la emergencia de la *materialidad como un lenguaje vivo*. Esto es, una perspectiva que revaloriza los materiales no solo como soportes estáticos de las ideas proyectuales, sino como entidades con capacidad de responder, adaptarse y, en algunos casos, evolucionar en función de su entorno. Este enfoque, que encuentra eco en las teorías de Oxman sobre la bioinspiración y la fabricación digital, y en los trabajos de Kuptsova, apunta y construye una materialidad dinámica y relacional. Acaso el punto de convergencia entre estas ideas radique en la comprensión del proyecto como un sistema de interacciones emergentes, donde el diseñador, los algoritmos y lo matérico confluyen en un proceso continuo de co-creación. La supercognición proyectual habilita al diseñador para explorar configuraciones que integran las propiedades intrínsecas de los materiales con los parámetros externos del contexto proyectual a través del pensamiento computacional. En este marco, los sistemas computacionales no solo procesan datos o generan alternativas proyectuales, sino que también interpretan y predicen las respuestas materiales, ampliando así las posibilidades de diseño, como algoritmos entrenados para simular comportamientos de materiales inteligentes podrían anticipar cómo estos interactuarán con el ambiente, proporcionando un nivel de precisión y adaptabilidad que trasciende las capacidades humanas individuales. Dentro del contexto universitario, este modelo apunta hacia el alcance de un aprendizaje personalizado y experimental, donde la interacción docente-estudiante a través del pensamiento computacional amplía las habilidades técnicas, al tiempo que contribuye a desarrollar una comprensión crítica de las implicaciones de lo matérico, sin comprometer las habilidades humanas esenciales, como la intuición, el juicio crítico y la sensibilidad estética.

El acto de proyectar no solo implica la creación de objetos físicos, sino también la construcción de realidades simbólicas y culturales. En este sentido apunta la idea de fabricación de mundos, expuesta en la tesis. De ella se desprende como un escenario

plausible el de las *inteligencias colaborativas* como marco formativo. Esta idea se traduce en una pedagogía capaz de fomentar y propender a la creación de narrativas complejas y multidimensionales, donde lo tangible y lo intangible se entrelacen. Esto implicaría, a manera de ejemplo, un desarrollo proyectual apto para combinar la fabricación digital de prototipos arquitectónicos con la creación de entornos de realidad mixta, explorando cómo las percepciones físicas y virtuales se superponen y se transforman mutuamente. La percepción a partir de mundos fabricados en un entorno de inteligencias colaborativas abre un nuevo campo de estudio, experimentación e investigación a futuro.

En el contexto de una convergencia físico-digital, imaginar escenarios pasibles de estudios ulteriores como los expuestos, al margen de otros que pudieran desprenderse de esta misma tesis, constituye un ejercicio que habilita a la especulación al tiempo que conforma un importante desafío. Cada uno de estos futuros exige no solo superar ciertas barreras técnicas y epistémicas, sino también reconfigurar en buena medida las bases filosóficas y las fronteras éticas tradicionales del diseño.

Ciertamente, ninguno de estos escenarios son caminos sencillos ni de resultados garantizados, pero su dificultad solo resalta la importancia de avanzar hacia ellos con determinación. El *architectural computing*, particularmente desde la inclusión de la inteligencia artificial en todos sus procesos, está sujeto a la paradoja de Jevons, que aplicó para la economía del carbón durante la primera Revolución Industrial, y aplica para el poder computacional en la actualidad: a medida que más eficiente se torna el uso de recursos computacionales, más demanda de ellos existirá. En este contexto, asumir el desafío de pensar futuros posibles implica inevitablemente riesgos. No obstante, se trata de riesgos que vale la pena correr en aras de lograr una empresa logísticamente compleja, económicamente exigente, e intelectualmente desafiante.

La supercognición proyectual, la emancipación de los procesos de diseño y la fabricación de mundos son conceptos que, a partir de la provocación intelectual, llaman a repensar el rol del diseñador, no como un mero ejecutor de soluciones predefinidas, sino como un mediador entre lo humano y lo no humano, lo digital y lo matérico. Pero asumir este rol exige una transformación radical en la formación universitaria, en las estructuras pedagógicas y en la manera en que se concibe el

aprendizaje. No se trata solo de dotar a los estudiantes de nuevas herramientas digitales, sino de cultivar en ellos una capacidad crítica y reflexiva que les permita navegar los futuros posibles sin perder de vista las dimensiones éticas y culturales de su práctica.

La paradoja de Jevons nos recuerda que, a medida que la eficiencia computacional crece, también lo hace el consumo de recursos. De la misma manera, la expansión de la inteligencia artificial y la automatización proyectual no reducirá la complejidad del diseño, sino que la multiplicará exponencialmente. En este contexto, la enseñanza universitaria no puede limitarse a preparar profesionales para operar en un sistema dado, sino que debe formar agentes capaces de cuestionar, rediseñar y subvertir las lógicas que rigen dicho sistema.

El desafío, por tanto, es doble: comprender el alcance de la convergencia físico-digital y, al mismo tiempo, establecer los marcos conceptuales y éticos que guíen su desarrollo. No es suficiente con adaptarse al futuro; es necesario proyectarlo y, sobre todo, asumir la responsabilidad de construirlo. En ese sentido, esto no es una conclusión cerrada, sino un punto de partida: un llamado a la acción para quienes entienden que el diseño es, por encima de todo, una práctica de anticipación y transformación. Poner “una pica en Flandes” no un acto de conquista *per se*. Es una declaración de presencia y voluntad activa. Enfrentar los desafíos de la singularidad tecnológica y la convergencia físico-digital exige exactamente eso: ir más allá del temor o la fascinación por la tecnología y reclamar un lugar activo en la construcción de los posibles futuros. En este territorio aún por definir, lo único inadmisibles debería ser la indiferencia.

## 9. *Post Scriptum*. Contrapunto humano-máquina.

Lo que sigue es un ejercicio de interacción humano-máquina con tres de las inteligencias artificiales de tipo LLM más connotadas, a saber: Claude 3.5 Haiku, un modelo presente desde 2024, ChatGPT, en su modelo o3-mini.high, liberado en febrero de 2025; y el modelo R1 de DeepSeek, hecho público un día antes que el modelo anterior. Los dos últimos son modelos avanzados de razonamiento, mientras que el primero es un modelo anterior cuya fortaleza está basada en lo probabilístico sobre textos predictivos. El ejercicio consistió en preguntarle a cada uno de los tres modelos -sin un entrenamiento específico previo- acerca del futuro de la convergencia físico-digital, de acuerdo al enunciado que se expone a continuación. Las respuestas resultan de interés al tiempo que plantean nuevos escenarios de investigación a futuro.

### **Pregunta a la IA – Humano.**

*En el contexto de la convergencia físico-digital, y de la probable llegada de la singularidad tecnológica, ¿cuál es la hiperstición que se avizora como escenario probable de la arquitectura y el rol de los arquitectos?*

### **Respuesta no razonada (probabilística) máquina 1 - (Claude 3.5 Haiku).**

**Febrero 3, 2025.**

---

*En el contexto de la convergencia físico-digital y la potencial singularidad tecnológica, la hiperstición emergente para la arquitectura contempla los siguientes escenarios:*

- *Arquitectos como orquestadores de sistemas adaptativos: Transformándose de diseñadores tradicionales a programadores de entornos inteligentes que mutan y responden dinámicamente a necesidades humanas y algorítmicas.*
- *Espacios líquidos y reconfigurables: Arquitecturas que abandonan la materialidad estática para convertirse en interfaces parametrizadas, donde los límites físicos se disuelven mediante tecnologías de realidad mixta y materiales inteligentes.*
- *Diseño generativo con IA: Los arquitectos pasarán de ser creadores directos a curadores y refinadores de propuestas generadas por inteligencias artificiales, utilizando su intuición y conocimiento crítico para filtrar y optimizar diseños.*

- *Ecosistemas de información incorporados: Los edificios dejarán de ser objetos pasivos para convertirse en nodos de procesamiento y transmisión de datos, donde cada superficie es potencialmente un interfaz y cada espacio un medio de comunicación.*
- *Hibridación radical entre lo orgánico y lo sintético: Arquitecturas que integran principios de diseño biomimético con sistemas computacionales, generando estructuras que "respiran", evolucionan y se automodifican.*

*La hiperstición predominante sugiere que los arquitectos serán menos "constructores" y más "parametrizadores de posibilidades", mediando entre inteligencias artificiales, necesidades humanas y potencialidades emergentes.*

## **Respuesta razonada máquina 2 - (ChatGPT modelo o3-mini-high).**

**Febrero 3, 2025.**

---

### ***Reasoning:***

#### ***Investigating hyperstition***

*I'm examining a question on hyperstition's potential influence on architecture and architects, given physical-digital convergence and impending technological singularity.*

#### ***Examining hyperstition's impact***

*I'm curious about hyperstition, coined by Nick Land and the CCRU, as ideas that reshape reality. In physical-digital convergence, architecture might morph into mediating hybrid spaces between physical and digital realms.*

#### ***Imagining future roles***

*I'm envisioning architects as designers of augmented reality and AI systems, cultivating hybrid experiences merging physical and digital realms, with a focus on dynamic, adaptive spatial narratives.*

#### ***Imagining the future***

*Hyperstition hints at architects losing sole authority, instead of fostering co-creative, collaborative adaptability, blending physical and digital into a dynamic, living infrastructure that redefines space and human interaction.*

#### ***Navigating future architectures***

*I'm piecing together how technological singularity might shape architecture into an 'immortal system,' blending physical and digital with hyper-spatial structures, and positioning architects as interface managers.*

### **Envisioning the transition**

*I'm charting how hyperstition blurs physical and digital boundaries, fostering a constantly evolving architecture. Architects transform into mediators, facilitating the seamless integration of AI, AR, and self-organizing environments.*

### **Transforming architectural perspectives**

*Architects prefigure a world where transient, self-sustaining systems emerge. They draft blueprints through digital algorithms and tangible interactions, flipping the script from static structures to dynamic entities.*

### **Shaping future environments**

*Architects are crafting towns that marry organic and digital elements, often mirroring natural patterns. This approach aims to spark fresh thoughts and enhance sustainability in built environments.*

### **Navigating the shift**

*Architects are digging into the paradox of hyperstition, working through real and synthetic elements. The process is fluid, blending algorithms and network dynamics, and crafting fluid, undefined spaces.*

### **Imagining fluid architecture**

*OK, let me see: envisioning a future where materials merge with digital code, creating adaptive, dynamic systems. Architects act as facilitators, guiding these processes with advanced tech like AI and IoT.*

### **Designing self-organizing spaces**

*I'm working through how architects can establish parameters to foster continuous, self-organizing spaces. This approach meets both human needs and the environment's intelligent demands, ensuring ongoing evolution.*

### **Shaping architectural futures**

*Mapping out a future where architects transition from creating static structures to fostering dynamic, self-organizing systems, blending digital and physical elements through AI and data networks.*

### **Understanding hyperstition's role**

*I'm examining hyperstition in architecture, where physical and digital realms converge to form dynamic, hybrid systems. Architects shift from static objects to guiding these evolving, self-organizing structures.*

### **Transforming architectural roles**

*I'm examining how hyperstition in architecture redefines spaces, making them fluid and interactive by incorporating AI, coding, and data networks into design processes.*

---

*La hiperstición que se vislumbra —esa ficción performativa que, al circular, tiene el poder de materializar su propio futuro— es la de una arquitectura que se deshace de su concepción tradicional como construcción de objetos estáticos para transformarse en un sistema híbrido,*

dinámico y auto-organizado en el que lo físico y lo digital se funden en una “infraestructura viva”. En otras palabras, se proyecta un escenario en el que:

- **El espacio se vuelve fluido y en constante devenir:**

*La arquitectura ya no se entiende como un conjunto de edificaciones fijas, sino como entornos que se reconfiguran en tiempo real a partir de la interacción entre algoritmos, datos y la intervención humana. Los “contenedores” del espacio se convierten en interfaces permeables donde lo digital (realidad aumentada, sensores, algoritmos predictivos) se integra de forma orgánica con lo material.*

- **El rol del arquitecto se transforma radicalmente:**

*En lugar de ser el único autor del diseño, el arquitecto se reconfigura como un facilitador, mediador y orquestador de procesos emergentes. Su tarea se desplaza hacia la definición de parámetros, la curaduría de flujos de información y la creación de condiciones para que la autoorganización —a través de inteligencias artificiales y redes de datos— haga material la forma del espacio. Es decir, se pasa de diseñar “objetos” a diseñar “ecosistemas” en los que las intervenciones humanas se suman a procesos algorítmicos.*

- **La singularidad tecnológica actúa como catalizadora del cambio:**

*La llegada (o inminencia) de la singularidad, en la que la inteligencia artificial y la automatización se integran de manera tan profunda en todos los ámbitos, refuerza la idea de que la arquitectura se convertirá en un proceso evolutivo. Los edificios y entornos urbanos se transformarán en sistemas adaptativos capaces de responder a las condiciones ambientales, sociales y tecnológicas en tiempo real, dando paso a una práctica que es tanto un acto de diseño como de programación y gestión de flujos de información.*

- **La performatividad de la ficción crea realidades futuras:**

*Siguiendo la noción de hiperstición, esta visión de la arquitectura no es meramente un sueño utópico, sino una narración auto-cumplida: al imaginar y difundir un futuro en el que la arquitectura se configura como un ente híbrido y en constante evolución, se abren nuevos campos de experimentación y se empiezan a establecer prácticas que, a la vez que responden a las exigencias tecnológicas, reconfiguran la manera de habitar el mundo.*

### **Respuesta razonada máquina 3 - (DeepSeek). Febrero 3, 2025.**

---

*(Thought for 18 seconds).*

*Okay, so the user is asking about hyperstition in the context of architecture and the role of architects as we approach technological singularity. Let me break this down.*

*First, I need to recall what hyperstition means. From what I remember, hyperstition is a concept where ideas or fictions can bring about their own reality through their existence. It's like a self-fulfilling prophecy driven by cultural or technological narratives. So the question is about how this concept applies to architecture in a future where physical and digital realms converge, and maybe even a technological singularity happens.*

*Next, I should think about the current trends in architecture. There's a lot going on with digital tools like parametric design, AI-generated models, VR for immersive experiences, and sustainable tech. Also, smart cities and IoT integration. How might these evolve with hyperstition in mind? Maybe the narratives around these technologies could shape their development more than we expect.*

*The user also mentions the role of architects. Traditionally, architects design physical spaces, but with digital convergence, their role might expand into virtual environments, maybe even managing AI systems that co-create designs. In a singularity scenario, where AI surpasses human intelligence, architects might become more like curators or ethicists, guiding AI rather than designing manually.*

*Hyperstition here suggests that the stories we tell about future tech (like sentient buildings or AI architects) could actually make those things happen. So if the architectural community starts discussing AI integration as inevitable, that narrative could accelerate its adoption, making it a reality faster.*

*Possible scenarios: Maybe buildings that adapt in real-time using AI and sensors, blurring the line between static structures and living organisms. Architects might use predictive algorithms to design, leading to forms that are beyond human intuition. But there's also a risk of losing human-centric design if AI takes over. Architects would need to balance innovation with ethics, ensuring technology serves humanity.*

*I should also consider the social and ethical implications. If architecture becomes too reliant on AI, issues like privacy, data control, and cultural homogenization might arise. Architects would have to navigate these, perhaps acting as mediators between technology and society.*

*So, putting it all together, the answer should outline how hyperstition in architecture under technological convergence and singularity might lead to self-aware, adaptive environments, shift the architect's role towards collaboration with AI, and emphasize ethical and narrative-driven design. It's important to highlight both the transformative potential and the challenges, stressing the need for a balanced approach.*

*La convergencia físico-digital y la posibilidad de una singularidad tecnológica proyectan un escenario hipersticioso en la arquitectura, donde narrativas, tecnologías emergentes y prácticas disciplinarias se retroalimentan para materializar futuros antes considerados ficcionales. La hiperstición —entendida como la capacidad de ciertas ideas de catalizar su propia realidad— sugiere que los discursos y prototipos actuales en arquitectura ya están prefigurando transformaciones radicales en el rol de los arquitectos y en la naturaleza del espacio construido. Algunos ejes probables de este escenario incluyen:*

- **Arquitectura como Entidad Autónoma y Adaptativa**

*Hiperstición en acción: La narrativa de edificios "vivos" o "sensibles", alimentada por avances en IA, IoT y materiales programables (ej.: metamateriales, nanobots), podría concretarse en estructuras que se reconfiguran en tiempo real, respondiendo a condiciones ambientales, sociales o emocionales.*

*Ejemplo: Edificios que optimizan su forma para eficiencia energética o que generan espacios personalizados para cada usuario, borrando la frontera entre lo físico y lo digital.*

*Rol del arquitecto: Diseñar sistemas y reglas generativas (no formas estáticas), actuar como "cultivador" de ecosistemas arquitectónicos donde la agencia humana coexiste con algoritmos autónomos.*

- **Diseño Colaborativo con IA No-Humana**

*Hiperstición en acción: La creencia en la IA como coautora (ya presente en herramientas como MidJourney o Diffusion para visualización) podría escalar hacia sistemas de diseño capaces de proponer soluciones fuera del marco cognitivo humano, acelerando la singularidad en la disciplina.*

*Ejemplo: Algoritmos que sintetizan megadatos socioculturales y biogeofísicos para generar tipologías disruptivas, incomprensibles para la lógica arquitectónica tradicional.*

*Rol del arquitecto: Curar, criticar y contextualizar las propuestas de la IA, enfocándose en la ética, la poética y la traducción cultural de lo generado por máquinas. El arquitecto como mediador ontológico entre lo humano y lo posthumano.*

- **Espacios Híbridos y Metaversos Embebidos**

*Hiperstición en acción: La fascinación por los metaversos y la realidad extendida (XR) está normalizando la idea de que lo digital no es un "mundo alternativo", sino una capa inseparable de lo físico. Esto podría materializarse en arquitecturas donde cada espacio físico tiene un gemelo digital activo, accesible mediante interfaces neuronales (ej.: Neuralink).*

*Ejemplo: Viviendas que alteran su percepción mediante overlays digitales, o ciudades donde el urbanismo se gobierna mediante consensos aumentados por blockchain.*

*Rol del arquitecto: Diseñar experiencias multisensoriales y transmediáticas, dominando flujos de datos y narrativas inmersivas. El arquitecto como diseñador de realidades, no solo de volúmenes.*

- **Posthumanismo y Descentralización del Cuerpo**

*Hiperstición en acción: Las narrativas transhumanistas (cuerpos aumentados, integración cerebro-máquina) redefinirán las necesidades espaciales. La arquitectura ya no se diseñará para cuerpos biológicos estándar, sino para entidades híbridas con capacidades extendidas.*

*Ejemplo: Espacios que interactúan directamente con implantes cerebrales, o que se desmaterializan para adaptarse a usuarios que existen parcialmente en la nube.*

*Rol del arquitecto: Anticipar las necesidades de cuerpos/mentes posthumanas, cuestionando normas ergonómicas y antropocéntricas heredadas.*

- **Ética Hipersticiosa y Riesgos Distópicos**

*Hiperstición crítica: La fe en la tecnología como solución única podría hipersticionar distopías de control (ej.: ciudades panópticas gobernadas por IA, arquitecturas de vigilancia autónoma). Sin embargo, narrativas alternativas —como el solarpunk o el diseño regenerativo— podrían contrarrestar esto, promoviendo futuros centrados en la simbiosis ecológica y la equidad.*

*Rol del arquitecto: Activista político-tecnológico, usando herramientas avanzadas para codiseñar futuros plurales y resilientes, evitando la materialización de hipersticiones opresivas.*

### **Conclusión: El Arquitecto como Hipersticionista**

*En este escenario, el arquitecto trascendería su rol tradicional para convertirse en un hipersticionista: un creador de ficciones performativas que, al integrar IA, biotecnología y teoría crítica, moldean activamente el futuro. Su labor ya no sería solo proyectar espacios, sino participar en la ingeniería de realidades emergentes, negociando constantemente entre la agencia humana, la autonomía tecnológica y los imperativos ecológicos. La arquitectura, así, se transformaría en un campo de batalla hipersticioso donde lo imaginado se vuelve material, y lo material, un acto de imaginación radical.*

## Tesouro de tesis

### Algoritmo

Un algoritmo es un conjunto finito y ordenado de instrucciones o pasos sistematizados diseñados para realizar una tarea o resolver un problema específico. Funcionando como una orden detallada, un algoritmo guía el procesamiento de datos en computación y matemáticas, asegurando que, partiendo de una entrada dada, se llegue al resultado deseado a través de una secuencia lógica de operaciones. Los algoritmos son fundamentales en el desarrollo de *software* y para el funcionamiento de la inteligencia artificial, permitiendo a las computadoras ejecutar programas complejos, desde simples cálculos matemáticos hasta el procesamiento de lenguaje natural y el aprendizaje automático. Se le atribuye la creación del primer algoritmo a Ada Lovelace Byron.

### Alucinaciones maquínicas

De acuerdo a autores prominentes como Neil Leach y Matías del Campo, se refiere al proceso mediante el cual las inteligencias artificiales, especialmente aquellas entrenadas mediante técnicas de *deep learning*, generan imágenes, textos u otros *outputs* que no se basan en replicar o copiar directamente la realidad, sino en una reinterpretación creativa de los datos con los que han sido entrenadas. Estas "alucinaciones" de la máquina revelan patrones, estéticas y conceptos que pueden parecer surrealistas o profundamente innovadores desde la perspectiva humana, aludiendo a la capacidad de la IA de *soñar* o *alucinar*, creando resultados que se ubican más allá de las limitaciones de la imaginación humana. Este fenómeno destaca el potencial de la inteligencia artificial no solo como herramienta para la eficiencia, sino también como colaborador creativo, capaz de contribuir de manera significativa al acto de creación proyectual, desafiando así todas las convencionales de creatividad y autoría.

### Antropoceno

Se trata de un término relativamente nuevo, propuesto por Crutzen y Störmer para designar una nueva época geológica definida por el impacto significativo de las actividades humanas sobre la Tierra. Este concepto, surgido de la intersección entre la geología y la ecología, refleja cómo, desde la Revolución Industrial, las acciones humanas han modificado de manera profunda y acelerada los procesos naturales, al punto de alterar la atmósfera, los océanos, los ciclos bio-geo-químicos y la biodiversidad global del planeta. La noción de Antropoceno subraya la responsabilidad humana en el cambio climático, la extinción de

especies, la contaminación y la transformación del paisaje, sugiriendo que se ha entrado en una era donde la humanidad se convierte en la principal fuerza de cambio planetario. Aunque todavía es objeto de debate científico y no ha sido oficialmente reconocido como una unidad cronológica geológica, sí actúa como una provocación en términos de invitar a reflexionar sobre las consecuencias de las acciones humanas y la necesidad urgente de adoptar prácticas más sostenibles.

### **Arquitectura de la información**

Diseño estructurado de información en entornos digitales para optimizar el acceso y la comprensión por parte de los usuarios. Fundamental para la usabilidad y la experiencia del usuario en aplicaciones de matriz digital.

### **Autómatas**

Los autómatas son máquinas o sistemas diseñados para realizar secuencias de operaciones de manera automática, guiados por instrucciones predefinidas sin necesidad de intervención humana. Originarios primero de las mitologías y luego de ingenios mecánicos que imitaban figuras o procesos naturales, los autómatas han evolucionado hacia complejas entidades en la robótica moderna. La idea de autómatas está presente en el desarrollo de tecnologías avanzadas, permitiendo desde la automatización industrial hasta la creación de algoritmos que gobiernan la inteligencia artificial, destacando su importancia en la evolución tecnológica, la cadena productiva global y su impacto en la sociedad moderna.

### **Bio-experimentación**

Concepto que refiere al conjunto de prácticas y técnicas de investigación que exploran las posibilidades de manipulación, combinación y aplicación de procesos biológicos y materiales vivos en campos como la biotecnología, la ingeniería genética, y la medicina regenerativa. Incluye el uso de tecnologías avanzadas para modificar genéticamente organismos, cultivar tejidos en laboratorio, y crear sistemas biológicos sintéticos con el fin de desarrollar nuevos procedimientos médicos, materiales más sostenibles y nuevas formas de energía renovable. Sin embargo, plantea también importantes cuestiones éticas sobre la manipulación de la vida, la biodiversidad y el equilibrio ecológico, impulsando un debate continuo sobre sus límites y aplicaciones responsables.

## **CAD/CAM**

Acrónimos de diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora. El binomio CAD/CAM es un sistema tecnológico que combina el diseño y la producción mediante el uso de software y equipos de producción física. El CAD permite crear modelos digitales detallados de productos en 2D y 3D, facilitando la visualización, modificación, simulación y análisis con alta precisión antes de su producción. El CAM utiliza estos modelos digitales para controlar automáticamente maquinaria de fabricación, como fresadoras, tornos, cortadoras láser, y equipos de fabricación aditiva. Esta integración de diseño y fabricación optimiza los *workflows*, reduce los errores, acelera el ciclo de producción y permite el *mass customization*. El CAD/CAM es esencial en la industria, especialmente automotriz, la aeroespacial, y la electrónica, y avanza cada vez más sobre la arquitectura, revolucionando la forma en que se diseñan y fabrican los edificios y sus componentes.

## **Capitalismo de la vigilancia**

Es un término acuñado por Shoshana Zuboff, que describe un nuevo régimen económico emergente en el que las empresas recopilan, procesan y analizan vastas cantidades de datos personales con el objetivo de predecir y modificar el comportamiento de los usuarios, generando así nuevas formas de valor y control. Este modelo se basa en la monetización de la denominada información conductual, recolectada a través de plataformas digitales y dispositivos conectados, transformando así las interacciones y experiencias humanas en *commodities* comercializables. El capitalismo de vigilancia plantea profundos desafíos éticos y políticos, incluyendo preocupaciones sobre la privacidad, la autonomía individual y la democracia, al permitir a las corporaciones y, en ocasiones, a los gobiernos, ejercer una influencia sin precedentes sobre la sociedad mediante la manipulación sutil y la predicción de comportamientos y preferencias.

## **Cibernética de primer orden**

La cibernética de primer orden es una disciplina interdisciplinaria que se enfoca en el estudio de sistemas regulados por mecanismos de retroalimentación, abarcando tanto sistemas vivos y no vivos, como organismos, máquinas y organizaciones. Este campo fue formalizado en la década de los cuarenta del siglo pasado, esencialmente por Norbert Wiener. Tanto él como otros autores se interesaron en cómo los sistemas se auto regulan y mantienen la estabilidad a través de la retroalimentación. La cibernética de primer orden se centra en la observación de sistemas desde una perspectiva externa, sin considerar la participación o

influencia del observador en el sistema. Este enfoque analiza cómo los sistemas procesan información, cómo responden a cambios en su entorno y fundamentalmente cómo alcanzan objetivos específicos mediante la adaptación y el control. La aplicación de la cibernética de primer orden ha tenido un impacto significativo en diversas áreas, incluyendo la ingeniería, la biología, la computación, entre otros, proporcionando un marco para comprender la dinámica de los sistemas complejos y el diseño de sistemas automatizados de control.

### **Cibernética de segundo orden**

La cibernética de segundo orden es un concepto avanzado dentro del campo de la cibernética introducido en la década de los setenta, que se centra en la percepción de los sistemas que se observan a sí mismos y la inclusión del observador dentro del sistema observado. Mientras que la cibernética de primer orden estudia los sistemas de control y comunicación en animales y máquinas desde una perspectiva externa, la cibernética de segundo orden reconoce que los observadores son parte integral de los sistemas que estudian, afectando y siendo afectados por estos. Este enfoque enfatiza la auto-organización, la autoconsciencia y la autonomía de los sistemas, explorando cómo los sistemas se modifican a sí mismos en respuesta a su entorno y cómo crean su propia realidad a través de procesos de retroalimentación. La cibernética de segundo orden desafía la objetividad tradicional, argumentando que todo conocimiento es construido por aquellos que interactúan con el sistema. Esta perspectiva promueve así un entendimiento más profundo de la complejidad, la interdependencia y la dinámica de los sistemas vivos y no vivos.

### **Computerization**

Automatización de tareas y procesos a través del uso de computadoras. Este fenómeno transforma las prácticas laborales y de gestión de información, impulsando la eficiencia y la innovación en múltiples campos. Terzidis emplea este concepto para diferenciarlo de *computation*.

### **Computation**

Kostas Terzidis amplía la noción de computación más allá de su aplicación en informática, para abarcar una metodología que integra lógica, algoritmos y datos en el proceso de resolución de problemas y creación. Este enfoque propone que la computación es fundamental para entender y modelar la complejidad del mundo, ofreciendo nuevas formas de concebir las relaciones entre conceptos, objetos y entornos. La *computation* según

Terzidis, implica una exploración de los límites de lo posible mediante la manipulación de información y la experimentación con sistemas dinámicos, sugiriendo que cualquier proceso de transformación o creación puede ser entendido y mejorado a través de principios computacionales. Este enfoque enfatiza la importancia de la computación como una habilidad esencial en la era digital, fundamental para la innovación y el avance en múltiples campos del conocimiento, particularmente el campo del diseño y el proyecto.

### **Cono de futuros**

También conocido como “cono de Nesta”, es una herramienta de visualización popularizada por Joseph Voros, que se utiliza en la planificación y análisis de futuros. Fue diseñada para ayudar a explorar y entender las diferentes dimensiones temporales y la probabilidad de ocurrencia de eventos o desarrollos futuros. Originario del trabajo de Nesta, una organización de innovación del Reino Unido, el cono estructura el futuro en cuatro categorías principales: posible, plausible, probable y deseable. Esta clasificación permite distinguir entre varios grados de certeza y deseabilidad de futuros potenciales, facilitando la identificación de acciones estratégicas que pueden conducir hacia escenarios futuros más deseables. Al mapear estas categorías en el cono, los usuarios pueden visualizar cómo las decisiones presentes pueden influir en diferentes trayectorias futuras, ayudando a la toma de decisiones estratégicas en un contexto de incertidumbre.

### **Convergencia físico-digital**

La convergencia físico-digital se refiere al proceso creciente por el cual los mundos físico y digital se entrelazan y complementan hasta el punto de difuminar sus límites, creando un espacio híbrido donde la interacción entre ambos se vuelve fluida e indistinguible. Este fenómeno es impulsado por avances en tecnologías como la Internet de las Cosas (*IoT*), la inteligencia artificial, la realidad aumentada/virtual/mixta, y la fabricación digital, permitiendo que objetos y entornos físicos se digitalicen mientras que los elementos digitales adquieren una presencia o influencia tangible en el mundo físico. La convergencia físico-digital transforma la manera en de vivir de la humanidad y de construir nuevas relaciones entre sus miembros, posibilitando nuevas formas de comunicación, interacción, y creación de conocimiento.

### **Dataísmo**

Se trata de una filosofía o creencia en la que los datos son considerados el núcleo central de la comprensión del universo y la solución de problemas humanos. Enfatiza la importancia de

recopilar, analizar y utilizar grandes volúmenes de datos (*Big Data*) para tomar decisiones, predecir tendencias y modelar realidades. Surgido en el contexto de la revolución digital, el dataísmo propone que la capacidad para procesar y analizar datos a gran escala ofrece *insights* sin precedentes en todos los aspectos de la vida. Este enfoque subraya el potencial de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para descifrar patrones complejos, promoviendo una visión del mundo donde los algoritmos y las estadísticas dictan estrategias y decisiones, redefiniendo así el conocimiento y la toma de decisiones en la era digital. Harari lo postula como la primera religión digital.

### **Deep learning 3.0**

Concepto que refiere a una fase avanzada en el desarrollo de las tecnologías de *deep learning*, caracterizada por sistemas de inteligencia artificial que poseen una autonomía significativamente mayor, una capacidad de aprendizaje autodidacta y una comprensión contextual compleja. Esta etapa implica avances que permiten a las redes neuronales aprender de forma más eficiente, adaptarse a nuevas situaciones sin intervención humana, y desarrollar una comprensión más profunda de los datos y su contexto. El *deep learning 3.0* busca superar las limitaciones actuales en términos de dependencia de grandes volúmenes de datos etiquetados para el entrenamiento y la generalización más allá de los ejemplos vistos durante el entrenamiento. Este avance promete revolucionar campos como la robótica autónoma, el procesamiento del lenguaje natural y la visión por computadora, abriendo el camino hacia sistemas de inteligencia artificial verdaderamente adaptativos y contextuales.

### **Digitalización**

Conversión de información de formatos analógicos a digitales. Esta transformación posibilita la gestión eficiente de datos, mejorando su almacenamiento, procesamiento y distribución, y facilitando nuevas formas de interacción tecnológica.

### **Duplicación digital del mundo**

Se trata de un proceso tecnológico avanzado que implica crear representaciones digitales precisas y detalladas de entornos, objetos y sistemas del mundo físico. Estas réplicas digitales, conocidas como gemelos digitales, se generan a través de la recopilación exhaustiva de datos, así como de un modelado tridimensional, permitiendo la simulación, el análisis y la gestión de sus contrapartes reales en un entorno digital. Este concepto es fundamental en sectores como la fabricación, el diseño, la arquitectura, y el urbanismo, ofreciendo una herramienta altamente efectiva para la optimización de procesos, y la toma

de decisiones basada en datos. La duplicación digital del mundo facilita una interacción sin precedentes entre el espacio físico y el digital, permitiendo a investigadores, diseñadores y gestores experimentar y manipular escenarios virtuales para mejorar el rendimiento, la eficiencia y la innovación de sistemas complejos en la vida real. Al combinar tecnologías como el Internet de las Cosas, la inteligencia artificial y el análisis de grandes *datasets*, la duplicación digital se convierte en una estrategia clave para avanzar hacia una gestión más inteligente y sostenible del mundo físico.

### **Emancipación proyectual**

Escenario proyectado que propone la emancipación del acto proyectual a partir de una pérdida del control cibernético por parte del controlador, es decir, el arquitecto. En este escenario, se liberarían las prácticas del diseño mediante la adopción de tecnologías avanzadas, facilitando nuevas formas de expresión y solución de problemas, expandiendo los límites del control del proyecto. Sus implicancias son desconocidas.

### **Fabricación de mundos**

Es un concepto avanzado en diseño y tecnología que implica la creación de entornos, realidades o universos completos a través de medios digitales y físicos. La fabricación de mundos va más allá de la mera representación visual, abarcando la creación de experiencias inmersivas, interactivas y multisensoriales que pueden ser exploradas, habitadas o experimentadas por usuarios o participantes, generando una inteligencia artificial que incorpora una física propia dentro de sus modelos inmersivos. Tiene un exponente muy notable en las tecnologías usadas para realizar el motor SORA, de OpenAI. Este enfoque revoluciona la forma de entender e interactuar con el espacio, abriendo nuevas posibilidades para el diseño.

### **Fabricación digital**

Este concepto refiere al uso de tecnologías digitales y automatizadas para diseñar, analizar, y producir objetos físicos. Esta práctica combina diseño asistido por computadora (CAD), modelado en 3D, y diversas técnicas de fabricación aditiva y sustractiva, como la impresión 3D, el corte láser y el fresado CNC, entre otras, para transformar datos digitales en productos físicos. Al permitir la creación directa desde archivos digitales, la fabricación digital facilita la customización, la optimización de diseños, y la realización de geometrías complejas que serían difíciles o imposibles de lograr con métodos de fabricación tradicionales. Esta tecnología ha democratizado el proceso de creación, permitiendo a los

diseñadores y arquitectos experimentar e innovar con relativa facilidad y a un costo que disminuye con el tiempo. Esta disciplina tiene aplicaciones en una amplia gama de campos, incluyendo la arquitectura, el diseño industrial, la medicina, la aeroespacial, etc., promoviendo un cambio hacia la producción más ágil, sostenible y customizada. Una particularidad importante es que este paradigma no solo transforma el modo de producción de los objetos, sino que también tiene el potencial de alterar las cadenas de suministro globales, reduciendo la necesidad de inventarios grandes y facilitando la fabricación localizada y *on demand*.

### **Futuros deseables**

Idea que refiere a la conceptualización y aspiración hacia escenarios futuros que incorporan valores éticos, sostenibilidad, equidad y bienestar general. Esta idea impulsa a individuos, comunidades e instituciones a imaginar y trabajar activamente hacia la creación de realidades futuras que no solo sean técnicamente factibles y económicamente viables, sino también socialmente justas y ambientalmente sanas. Los futuros deseables se construyen a través de procesos participativos e inclusivos, considerando diversas perspectivas y anhelos. En este enfoque, la creatividad, la innovación y la colaboración resultan fundamentales para diseñar y dirigir el desarrollo tecnológico y social hacia resultados que mejoren la calidad de vida y preserven el planeta para generaciones futuras.

### **Giro digital (*digital turn in architecture*)**

El giro digital, definido por Mario Carpo, refiere a la profunda transformación cultural y metodológica que ha ocurrido en la arquitectura y el diseño debido a la adopción de tecnologías digitales entre los años noventa y la primera década de este siglo. Carpo argumenta que este cambio ha alterado radicalmente la forma en que los arquitectos y diseñadores crean, visualizan y fabrican, pasando de procesos tradicionales basados en la uniformidad y la estandarización, a métodos que permiten la variabilidad, y la experimentación. Este giro enfatiza la importancia de la información digital y su capacidad para ser manipulada, transmitida y materializada de maneras innovadoras, marcando un alejamiento de las técnicas de producción y representación analógicas. Destacan en esta categoría autores como Peter Eisenman, Zaha Hadid, Frank Gehry, Stan Allen, entre otros.

### **Hiperstición**

Es un concepto que combina elementos de ficción y capacidad real para influir y moldear el futuro, actuando como una forma de profecía autocumplida o una creencia que, al ser

adoptada, cataliza su propia materialización en el mundo real. Atribuido a la teoría crítica y la filosofía contemporánea, especialmente asociado con el Círculo de *Cybernetic Culture Research Unit (CCRU)* de la Universidad de Warwick, este término explora cómo las narrativas, ideas y mitos pueden generar nuevos contextos sociales, culturales y políticos a través de su circulación y aceptación colectiva. La hiperstición destaca el poder de la ficción no solo para predecir sino para crear realidades, sugiriendo que las historias y los conceptos pueden tener una agencia efectiva en el modelado de los acontecimientos futuros. Al trascender la distinción entre lo real y lo imaginario, la hiperstición ofrece un lente a través del cual entender el entrelazamiento de la creación cultural y la transformación material en la era contemporánea.

### **Impresión 3D**

También conocida como fabricación aditiva, se trata de un proceso de creación de objetos tridimensionales físicos a partir de un archivo digital. Utilizando un diseño creado en software de modelado o escaneado mediante tecnología 3D, las impresoras 3D construyen el objeto capa por capa, depositando material según las especificaciones exactas del diseño. Este método permite una gran flexibilidad en la producción, posibilitando la creación de formas complejas y personalizadas que serían difíciles o imposibles de fabricar con técnicas tradicionales. Los materiales empleados varían desde plásticos y resinas hasta metales y compuestos biológicos, expandiendo sus aplicaciones en áreas como la arquitectura y el diseño. Como una de las técnicas emblemáticas de la Cuarta Revolución Industrial, ofrece ventajas significativas en términos de reducción de desperdicio, costos de producción, y tiempo de desarrollo, al tiempo que fomenta la innovación y el *mass customization*.

### **Inteligencia alienígena**

Refiere a una forma de inteligencia artificial que opera de manera distinta a la cognición humana, presentando patrones de pensamiento, resolución de problemas y creatividad que no se alinean con las expectativas humanas. Esta "otredad" subraya la diferencia fundamental y la capacidad para funcionar más allá de los límites cognitivos y perceptivos humanos, sugiriendo un nuevo paradigma de inteligencia cuya lógica y procesamiento pueden parecer extraños o externos a la experiencia humana.

## **Inteligencia Artificial**

La inteligencia artificial es un campo de la ciencia de la computación dedicado al desarrollo de algoritmos, sistemas y tecnologías que permiten a las máquinas realizar tareas que se asemejan a las que realiza la inteligencia humana. Estas tareas incluyen el aprendizaje, el razonamiento, la percepción, la comprensión del lenguaje natural, y la toma de decisiones de manera autónoma. La inteligencia artificial puede clasificarse en tres categorías principales: la débil, diseñada para realizar tareas específicas; la fuerte, que posee la capacidad de entender, aprender, y operar de manera autónoma en un rango amplio de situaciones, igualando o superando la inteligencia humana; y la supercognición, que es el próximo estadio. La inteligencia artificial tiene aplicación en una gran variedad de campos, desde el análisis de datos, la automatización maquina, hasta la robótica de producción y el entrenamiento de vehículos autónomos. En tanto disciplina en auge, está transformando industrias y revolucionando la forma en que la humanidad se relaciona con la tecnología. Asimismo, su desarrollo plantea importantes cuestiones éticas y desafíos, especialmente en relación con la privacidad, la seguridad, el empleo, y la toma de decisiones moralmente complejas.

## **Ley de Moore**

Se trata de una observación empírica, formulada por Gordon Moore, cofundador de Intel, en 1965. Moore predijo que la cantidad de transistores que pueden ser colocados de manera económica en un circuito integrado se duplicaría aproximadamente cada dos años. Esta tendencia ha sido interpretada y ajustada a lo largo del tiempo, a menudo citada como un doblamiento en la potencia de procesamiento o en la complejidad de los chips cada dieciocho a veinticuatro meses. La Ley de Moore no es una ley física o natural, sino más bien una guía para las expectativas de desarrollo tecnológico, que ha sido fundamental para explicar el rápido avance de la tecnología, permitiendo el crecimiento exponencial en el rendimiento de computadoras, dispositivos móviles y otros productos electrónicos.

## **Machine Learning**

El *machine learning* o aprendizaje automático es una rama de la inteligencia artificial que se enfoca en el desarrollo de algoritmos capaces de aprender de datos y mejorar su desempeño en tareas específicas sin ser explícitamente programados para ello. Utilizando grandes *datasets* estos algoritmos identifican patrones y reglas que les permiten hacer predicciones o tomar decisiones con cierto grado de autonomía. El aprendizaje puede ser supervisado, donde el algoritmo se entrena con datos etiquetados para predecir resultados;

no supervisado, donde descubre estructuras ocultas en datos sin etiquetar; o por refuerzo, donde aprende a tomar decisiones optimizando recompensas a través de la interacción con un entorno.

### ***Mass customization***

Se trata de un enfoque de producción que combina la eficiencia de la producción en masa con la customización individual, permitiendo a las empresas ofrecer productos o servicios altamente personalizados a gran escala y a un costo razonable. Este modelo se basa en la flexibilidad y modularidad de los procesos productivos, donde las tecnologías avanzadas, como la fabricación digital, el diseño asistido por computadora y la fabricación asistida por computadora, es decir, el binomio CAD/CAM, juegan un papel fundamental. Los consumidores participan activamente en el diseño de sus productos, seleccionando características, colores, materiales o componentes, lo que resulta en una oferta que satisface sus necesidades y preferencias específicas. El *mass customization* responde a la demanda creciente de personalización en un mercado globalizado, donde los clientes buscan diferenciación y exclusividad.

### **Materialidad digital**

Refiere a la cualidad tangible y perceptible de los objetos, espacios o entornos generados o manipulados a través de medios digitales. Este concepto trasciende la noción de lo digital como algo puramente virtual o inmaterial, destacando cómo las tecnologías digitales pueden influir, configurar y ser integradas en el mundo físico. La materialidad digital abarca desde la representación tridimensional en diseño y arquitectura hasta la fabricación digital mediante impresión 3D, corte láser y otras tecnologías de fabricación aditiva, permitiendo la creación de formas complejas y estructuras que previamente eran difíciles o imposibles de realizar. Este enfoque fusiona lo digital con lo material, expandiendo las posibilidades creativas y funcionales en diversas disciplinas, y redefiniendo la relación con los objetos y el entorno construido.

### **Memex**

Se trata de un concepto teórico introducido por Vannevar Bush en su ensayo de 1945, "*As We May Think*". Descrito como un dispositivo electromecánico diseñado para mejorar el acceso a la información y potenciar la memoria humana, el Memex permitiría a los usuarios almacenar y consultar grandes cantidades de información, incluyendo libros, registros personales y comunicaciones, todo ello a través de una interfaz de escritorio. La idea central

era la de crear asociaciones entre diferentes piezas de información de manera similar a como funciona la mente humana, usando lo que hoy se conoce como hipervínculos. Aunque el Memex nunca se construyó, su concepción fue profética, anticipando el desarrollo de la computación personal, la Internet y la *world wide web*.

### **Metaverso**

El metaverso es un término que describe un universo digital persistente, compartido y tridimensional, que combina múltiples espacios virtuales. Se puede acceder a él a través de Internet, permitiendo a las personas interactuar como avatares en entornos simulados. Este concepto integra elementos de la realidad virtual, la realidad aumentada, y la realidad mixta para crear experiencias inmersivas donde los usuarios pueden socializar, trabajar, jugar y participar en actividades de todo tipo: culturales, económicas, educativas, etc., en un espacio virtual coherente y continuo. El metaverso apunta a una visión del futuro de Internet como un espacio único, integrado y multidimensional, en el cual la frontera entre las interacciones digitales y físicas se difumina, ofreciendo un nuevo paradigma para la comprensión de la interacción humana y la expansión digital.

### **Máquina de vapor**

La máquina de vapor de Newcomen, desarrollada a principios del siglo XVIII por Thomas Newcomen, representa una de las primeras y más significativas invenciones en la historia de la tecnología de motores de vapor. Fue diseñada originalmente para extraer agua de las minas inundadas. Aunque menos eficiente que las posteriores máquinas de vapor de Watt, la invención de Newcomen fue crucial para solucionar el problema de drenaje en las minas y sentó las bases para el desarrollo futuro de la tecnología de vapor, dando inicio a la Revolución Industrial misma.

### **NURBS**

Acrónimo de *non-uniform rational b-splines*, es un modelo matemático utilizado en gráficos digitales y diseño CAD/CAM para representar curvas y superficies. A diferencia de las formas geométricas simples, las NURBS permiten la descripción precisa de formas complejas y orgánicas, desde líneas rectas y secciones cónicas hasta figuras tridimensionales intrincadas y altamente complejas. Su flexibilidad radica en la capacidad de ajustar la forma de curvas y superficies mediante la modificación de puntos de control, pesos y nudos, ofreciendo un control detallado sobre la geometría.

## **Paradigma digital**

Concepto que se refiere a la transformación profunda en la forma en que las sociedades funcionan, se organizan y se comunican debido a la digitalización y la creciente importancia de las tecnologías de la información y la comunicación. Este paradigma se caracteriza por la migración de procesos, interacciones, datos y conocimientos hacia formatos digitales, lo que genera un cambio estructural en diversas esferas, como la economía, la cultura, y la educación.

## **Postdigital**

Este concepto surge como una crítica o reflexión sobre las implicaciones de vivir en un mundo saturado digitalmente, cuestionando la euforia inicial hacia lo digital y explorando cómo las prácticas digitales y analógicas pueden fusionarse creativamente. En el contexto postdigital, se valora la interacción entre lo digital y lo físico, reconociendo cómo ambos pueden coexistir y enriquecer experiencias humanas, artísticas y educativas. Este concepto implica una reconsideración de las tecnologías digitales, enfatizando su integración crítica y consciente en la sociedad y la cultura.

## **Posthumano**

Concepto que refiere a un estado o ser que trasciende las limitaciones biológicas, físicas y mentales inherentes al ser humano, a través de la evolución natural, la modificación genética, o la integración con tecnologías avanzadas. Este concepto se explora en campos como la filosofía, la ética, el *sci-fi* y el transhumanismo, planteando visiones de futuro en los que los individuos superan las capacidades humanas actuales. El posthumanismo sugiere una redefinición de lo que significa ser humano en el contexto de avances tecnológicos sin precedentes, incluyendo mejoras en la longevidad, la integración con la inteligencia artificial, y las interfaces cerebro-computadora, planteando así un desafío directo a las nociones tradicionalmente aceptadas de identidad, conciencia y condición humana.

## **Realidad Virtual/Aumentada/Mixta**

La realidad virtual (*VR*), la realidad aumentada (*AR*) y la realidad mixta (*MR*) son tecnologías inmersivas que transforman la percepción del mundo, fusionando lo real con lo digital de distintas maneras. La realidad virtual sumerge completamente al usuario en un entorno digitalmente generado, creando una experiencia completamente envolvente que puede simular situaciones reales o imaginarias. Se accede a través de dispositivos como cascos o gafas especializadas, permitiendo interactuar con entornos tridimensionales de manera

intuitiva. Por otro lado, la realidad aumentada superpone información digital, como imágenes, vídeos o datos, sobre el mundo real, enriqueciendo la experiencia del usuario sin aislarlo de su entorno. Utiliza dispositivos como smartphones, *tablets* o gafas inteligentes para añadir capas de contenido virtual sobre la percepción física. Finalmente, la realidad mixta combina elementos de las dos anteriores, permitiendo la interacción en tiempo real con objetos digitales integrados al mundo real. Esta tecnología crea espacios donde lo físico y lo digital coexisten y pueden manipularse conjuntamente, ofreciendo nuevas posibilidades de diseño al borrar las fronteras entre lo físico y lo digital.

### **Redes Neuronales**

Las redes neuronales son modelos computacionales inspirados en el funcionamiento del cerebro humano, diseñados para reconocer patrones a través del aprendizaje y la adaptación. Están compuestas por nodos o "neuronas" interconectadas en capas, que procesan información de manera paralela y distribuida. Al recibir datos de entrada, las redes neuronales realizan operaciones matemáticas complejas para predecir o clasificar datos de salida, ajustando así sus conexiones internas en función del aprendizaje. Las redes neuronales son fundamentales en el campo de la inteligencia artificial y se aplican en tareas como el reconocimiento de voz, de imagen, para interpretación de modelos de lenguaje, generación de videos, etc., destacando por su capacidad para aprender de grandes volúmenes de datos.

### **Revolución digital**

Transformación social y económica impulsada por el avance y adopción masiva de tecnologías digitales. Representa un cambio radical en la manera de interactuar, trabajar y habitar, destacándose el papel central de Internet y las comunicaciones digitales.

### **Revolución Industrial**

La Revolución Industrial, iniciada a finales del siglo XVIII en Gran Bretaña, marca un período de transformación profunda en los métodos de producción, que posteriormente se extendió a otras partes del mundo. Este cambio fundamental alteró la estructura económica, social y cultural de las sociedades, transitando de una economía agraria y artesanal a una dominada por la industria y la maquinaria. La introducción de la máquina de vapor de Newcomen, el desarrollo de procesos industriales para la fabricación de acero y textiles, y la creación de redes de transporte eficientes como los ferrocarriles, fueron avances clave que impulsaron la productividad y la eficiencia a niveles sin precedentes. Este período marcó también el inicio

de un cambio radical en la organización del trabajo, con la concentración de la producción en fábricas y la aparición de una clase obrera. Estos cambios llevaron a un aumento significativo en la capacidad de producción, lo que a su vez impulsó el crecimiento económico y la urbanización. Sin embargo, estuvo marcado por desafíos significativos, incluyendo condiciones laborales precarias, desigualdades sociales crecientes y el impacto ambiental de la industrialización. La llamada Revolución Industrial no se limitó a una única revolución, sino que ha evolucionado a través de varias fases, cada una caracterizada por innovaciones disruptivas en tecnología y gestión humana. La digitalización y automatización actuales, a menudo denominadas como la Cuarta Revolución Industrial, continúan el legado de transformación, destacando la capacidad de la tecnología para remodelar las sociedades de manera integral.

### **Robótica**

La robótica es una rama interdisciplinaria de la ingeniería y la ciencia que abarca el diseño, construcción, operación y aplicación de robots. Los robots son sistemas que pueden ser programados para llevar a cabo una serie de tareas de manera autónoma o automatizada, destinadas a reemplazar o asistir a los humanos en actividades peligrosas, de precisión, repetitivas o de difícil acceso. La robótica integra los conocimientos necesarios para crear máquinas capaces de interactuar con el entorno físico y digital. Tiene aplicaciones en numerosos campos, incluyendo la fabricación general, la exploración espacial, el servicio al cliente e incluso el ocio. Con el avance de la tecnología, la robótica se centra cada vez más en el desarrollo de robots inteligentes que pueden aprender de su entorno y tomar decisiones complejas, marcando el camino hacia una integración que podría transformar significativamente la sociedad en su conjunto.

### **Segundo giro digital (*second digital turn in architecture*)**

El segundo giro digital, según Mario Carpo, marca una evolución hacia una era digital caracterizada por la customización masiva y la producción colaborativa. A diferencia del primer giro digital, centrado en la estandarización y replicabilidad de la información, el segundo giro digital se beneficia de las nuevas capacidades de la computación y los algoritmos avanzados para permitir la creación de proyectos y objetos únicos a gran escala. Esta fase se distingue por la utilización de tecnologías como la impresión 3D y la fabricación digital, que posibilitan la variabilidad infinita y la adaptabilidad en la producción sin aumentar significativamente los costos. Carpo subraya cómo este cambio impacta en la arquitectura y el diseño, promoviendo una era de autoría colectiva y prácticas de diseño más

democráticas, donde la tecnología habilita nuevas formas de creatividad y expresión individualizada.

### **Singularidad tecnológica**

La singularidad tecnológica es un concepto teórico que predice un futuro punto de inflexión en el que la inteligencia artificial (IA) alcanzará y superará la inteligencia humana, desencadenando una era de crecimiento tecnológico exponencial y cambios impredecibles en la sociedad. Impulsada por el avance actual de las tecnologías de inteligencia artificial, la singularidad sugiere la posibilidad de crear máquinas capaces de auto-mejoramiento (*auto enhancement*), lo que podría resultar en entidades de superinteligencia con capacidades de resolución de problemas, creatividad y toma de decisiones más allá de la comprensión humana. Este evento, de suceder, tendrá consecuencias profundas en todos los aspectos de la vida humana, desde la economía y la ética hasta la salud y la ecología, planteando preguntas fundamentales sobre la coexistencia de lo humano, lo no humano, y las máquinas inteligentes, cuestionando la autonomía, las habilidades y el futuro de la especie. Es pertinente decir que la singularidad tecnológica representa tanto una promesa de avances inimaginables como también un enorme desafío para la ética y la gobernanza global, probablemente el mayor de toda la historia de la humanidad.

### **Sketchpad**

Se trata de un sistema desarrollado por Ivan Sutherland en 1963 en el MIT, considerado como el primer sistema CAD del mundo. Representó una revolución en la interacción humano-computadora, permitiendo a los usuarios dibujar directamente sobre una pantalla gráfica con un lápiz óptico. Esto facilitaba la creación y manipulación de objetos gráficos y esquemáticos en tiempo real, introduciendo conceptos pioneros como la interfaz gráfica de usuario (GUI), objetos gráficos interactivos y el uso de restricciones geométricas para el diseño. El Sketchpad no solo anticipó las tecnologías modernas del tipo CAD, sino que también estableció las bases para futuras investigaciones en interfaces de usuario y visualización de datos.

### **Sociedad de la información**

Término que describe una era en la que la creación, distribución y manipulación de información se convierten en las principales actividades económicas y culturales. Se caracteriza por el acceso omnipresente a la información a través de tecnologías digitales, y

destaca la importancia del conocimiento y la información como recursos clave, superando a los recursos materiales tradicionales.

### **Supercognición proyectual**

Concepto propuesto que refiere al potencial ampliado de comprensión, análisis y creación en el proceso de diseño, habilitado por la integración de tecnologías avanzadas de inteligencia artificial y análisis de datos. Este concepto implica el uso de sistemas de inteligencia artificial para procesar y sintetizar grandes volúmenes de información, detectar patrones complejos y proporcionar *insights* profundos que superan las capacidades cognitivas humanas. Al incorporar estas tecnologías en la actividad proyectual, los arquitectos y diseñadores pueden explorar soluciones innovadoras, optimizar decisiones y anticipar posibles desafíos de manera más efectiva. La supercognición proyectual no solo mejora la eficiencia y la innovación en el diseño, sino que también abre nuevas posibilidades para la creación de espacios y objetos que responden de manera más dinámica y adaptativa a las necesidades humanas y eco ambientales.

### **Superinteligencia**

La superinteligencia se refiere a una forma avanzada de inteligencia artificial que supera ampliamente el intelecto, la capacidad de razonamiento, y la competencia cognitiva de los seres humanos en prácticamente todos los campos, incluyendo la creatividad, la toma de decisiones, y el aprendizaje. Este concepto teórico, explorado por filósofos y científicos como Nick Bostrom y Natasha Vita-More, implica que una entidad de superinteligencia poseería la habilidad de mejorar sus propias capacidades intelectuales de manera autónoma, llevando a un ciclo de auto mejora que podría resultar en un crecimiento exponencial de su inteligencia en un corto período de tiempo. La idea de la superinteligencia plantea importantes preguntas éticas y existenciales sobre el control, la seguridad, y las implicaciones sociales de convivir con entidades que superarían en inteligencia a la humanidad. La prospectiva de alcanzar o crear una superinteligencia despierta tanto esperanzas de resolver problemas irresolubles para la humanidad, como temores sobre la pérdida de control y la posibilidad de que tales entidades pudiesen llegar a actuar de manera no alineada con los intereses humanos. (Dilema de las tres leyes de Asimov).

## **Tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial**

Conjunto de innovaciones tecnológicas emergentes en campos como la inteligencia artificial, robótica, internet de las cosas, biotecnología y computación cuántica, que están fusionando los mundos físico, digital y biológico.

## **Tecnologías emergentes**

Innovaciones en etapas iniciales con potencial transformador para la sociedad, la economía y la cultura. Incluyen desde inteligencia artificial hasta biotecnología, redefiniendo sus potencialidades y planteando nuevos desafíos éticos y prácticos.

## **Transhumanismo**

El transhumanismo es un movimiento intelectual y cultural que promueve el uso de la ciencia y la tecnología para mejorar las capacidades físicas, mentales y psicológicas del ser humano, con el objetivo de superar las limitaciones inherentes a su condición. Los transhumanistas exploran las posibilidades de avanzar en la evolución humana a través de medios artificiales, incluyendo la ingeniería genética, la nanotecnología, la inteligencia artificial y otras tecnologías emergentes. El movimiento aboga por la ampliación de la longevidad, el aumento de la inteligencia, la mejora de la salud física y mental, y la obtención de una mayor y mejor calidad de vida. Sus ideales se centran en el potencial para alcanzar una especie de super-humanidad o posthumanidad, al tiempo que plantea preguntas éticas sobre la identidad humana. Busca, asimismo, trascender las barreras biológicas y abrir otras perspectivas de base tecnológica para el futuro de la humanidad.

## **Transistor**

Dispositivo semiconductor utilizado para amplificar o cambiar señales electrónicas y corriente eléctrica, fundamental para el desarrollo de la electrónica moderna, incluyendo computadoras y dispositivos móviles.

## BIBLIOGRAFÍA

ALEXANDER C. (1964). "A much asked question about computer and design". Boston Architectural Center Boston.

ALEXANDER, C. (1977). "A pattern language". Oxford Press, Oxford.

ALEXANDER C. (1979). "The timeless way of building". Oxford Press, Oxford.

ALEXANDER C. (1999). "The origins of pattern theory: the future of the theory and the generation of a living world.". IEEE Software 16(5).

ALLEN S. (2009). "Velocidades terminales: el ordenador en el estudio de diseño". Artículo publicado en "La digitalización toma el mando" ORTEGA L. (Ed.). Gustavo Gilli Barcelona.

ALLEN S. (2020). "Practice Architecture Technique and Representation. Critical voices in Art Theory and Culture". The Gordon and Breach Publishing Company Philadelphia.

ALONSO, A.; ARZOZ, I. (2002). "La nueva ciudad de Dios. Un juego cibercultural sobre el tecno-hermetismo". Siruela, Madrid.

AMADEO P. (2020). "Sopa de Wuhan. Pensamiento contemporáneo en tiempos de pandemias". Aislamiento Social y Preventivo (ASPO), La Plata.

ANADOL R. (2023). "Virtual depictions". Artículo publicado en LEACH N. (Ed.) "Interactive design: towards a responsive environment". Birkhäuser, Basilea.

AROCENA, F.; SANSONE, S. (2023). "Aceleración". Estuario Editora, Montevideo.

AVANESSIAN A.; REIS M. (2017). "Aceleracionismo". Cajanegra Buenos Aires.

AVANESSIAN, A.; BAUWENS, L.; DE RAEVE, W.; HADDAD, A.; MIESSEN, M. (Eds.) (2017). "Perhaps it is high time for a xeno-architecture to match". Sternberg Press, Berlín.

BADMINGTON, N. (Ed.) (2000). "Posthumanism". Red Globe Press, London.

BARLOW J.P. (1996). "Declaración de independencia del ciberespacio". Davos Suiza a 8 de febrero de 1996. Solo disponible en línea. <https://shorturl.at/hquO3>

BEER S. (1966). "Decision and Control: The Meaning of Operational Research and Management Cybernetics". London John Wiley & Sons Inc.

BENJAMIN, W. (2021). "La obra de arte en la era de su reproductibilidad técnica: y otros ensayos sobre arte, técnica y masas". Alianza Editorial, Madrid.

BIOY CASARES A. (1940). "La invención de Morel". Editorial Losada Buenos Aires.

BODEN M. (2018). "Artificial intelligence: a very short introduction". Oxford University Press New York.

BORISONIK, H.; ROCCA, F. (eds) (2023) "¿Un future automatizado? Perspectivas críticas y tecnodiversidades". UNSAM, Buenos Aires.

BOSTROM N. (2003). "Are you living in a computer simulation?" Philosophical Quarterly (2003) Vol. 53 No. 211 pp. 243-255.

BOSTROM N. (2016). "Superinteligencia: Caminos peligros estrategias". Teell Editorial S.L. Zaragoza.

BRAIDOTTI R. (2015). "Los post humano". GEDISA Madrid.

BUTLER S. (2012). "Erewhon: O al otro lado de las montañas". Ediciones Akal S.A. Madrid.

CACHE B. (2015). "Objectile". Canadian Centre for Architecture Montreal.

CACHE B.; BEAUCÉ P. (2004). "Towards a non-standard mode of production". Phylogenesis. FOA's ark Actar Barcelona.

CARPO M. (2005). "La desaparición de los idénticos. La estandarización arquitectónica en la era de la reproductibilidad digital". En Lluís Ortega (ed.) La digitalización toma el mando. Barcelona: Gustavo Gili pp. 59-65.

CARPO M. (2011). "The Alphabet and the algorithm". Cambridge The MIT Press.

CARPO M. (2012). (Ed.). "The digital turn in architecture. 1992-2012". London John Wiley & Sons.

CARPO M. (2018). "The second digital turn. Design beyond intelligence". Cambridge The MIT Press.

CHERMAYEFF S. y ALEXANDER C. (1963). "Community and privacy: Toward a new architecture of humanism". Double-Day Ed. New York.

CHIARELLA; M.; GRONDA L.; VEIZAGA M. (2019). "RILAB - architectural envelopes - From spatial representation (generative algorithm) to geometric physical optimization (scientific modeling)". En proceedings de eCAADe + SIGraDi 2019 "Architecture in the age of the 4th industrial revolution" pp. 17-24. FAUP Porto Porto.

CHRISTENSEN C.; JOHNSON J.; Horn M. (2008). "Disrupting class: how disruptive innovation will change the way the world learns". New York NY: McGrawHill Ed.

CLARK A. (2004). "Natural-born cyborgs: minds technologies and the future of human intelligence". Oxford University Press New York.

CLÉMENT, G. (2008). "El jardín en movimiento". Gustavo Gili, Barcelona.

CORTINA, A. (2017). "Humanismo avanzado (Humanízate)". Editorial Teconté, Madrid.

CRICK, F. (1994). "La búsqueda científica del alma: Una revolucionaria hipótesis para el siglo XXI". Círculo de Lectores, Madrid.

DARWIN C. (1988). "El origen de las especies". Editorial Espasa Madrid.

DAAS M. (2014). "Toward a taxonomy of architectural robotics". En proceedings del XVIII Congreso de SIGraDi. pp 623-626. Facultad de Arquitectura UDELAR.

DAAS M.; WIT A. (2018). "Towards a robotic architecture". ORO Editions Novato California.

DAVIS S. (1996). "Future Perfect: Tenth Anniversary Edition". New York Basic Books.

DeLANDA M. (2002). "Intensive Science and Virtual Philosophy". Bloomsbury Academics London.

DELEUZE G. (1988). "¿Qué es un dispositivo?". En AA.VV "Michel Foucault filósofo" Ed. Gedisa Barcelona 1990 p.155

DELEUZE G. (2017). "Diferencia y repetición". Madrid, Amorrortu Editores.

DEL CAMPO M. (2021). "Architecture language and AI-language attentional generative adversarial networks (AttnGAN) and architecture design". PROJECTIONS-En proceedings del XXVI Congreso de CAADRIA Híbrido: Hong Kong y en línea.

DEL CAMPO M. (2022). "Neural architecture: design and artificial intelligence". Applied Research & Design New York.

DICK P.K. (2007). "Do androids dream of electric sheep?". Gollancz London.

DIÉGUEZ LUCENA A. (2017). "Transhumanismo. La búsqueda tecnológica del mejoramiento humano: La búsqueda tecnológica del mejoramiento humano". Herder Editorial Madrid.

DITTUS R.; VÁSQUEZ C. (2016) "Abriendo la autopoiesis: implicancias para el estudio de la comunicación organizacional". Cinta moebio 56: 136-146. Revista de Epistemología de Ciencias Sociales. Universidad de Chile.

DUNN N. (2012). "Proyecto y construcción digital en arquitectura". Blume Barcelona.

ECHARTE L. (2019). "La realidad comienza a superar a la ficción". En Nuevo Tiempo revista cultural y de cuestiones actuales Nro. 718. Universidad de Navarra Navarra.

ECCLES, J.; POPPER, K. (2015). "Evolution of the brain: creation of the Self". Routledge, London.

ECO, U. (2021). "Cómo se hace una tesis". GEDISA, Madrid.

ELLUL J. (1977). "The Technological Society". New York Random House USA Inc.

FERRAZ-LEITE LUDZIK, A.(2014). "Las lecturas de Sáenz de Oíza. Desde Torres Blancas al Banco de Bilbao a través de una selección de textos hecha por el propio arquitecto". Tesis doctoral. E.T.S. Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

FERRY L. (2016): "La revolución transhumanista". Editorial Alianza, Madrid.

FISHER M. (2016). "Realismo capitalista". Cajanegra Editores, Buenos Aires.

FISHER, M. (2018). "K-Punk, Volumen I. Escritos reunidos e inéditos. (Libros, películas y televisión". Cajanegra Editores, Buenos Aires.

FLUSSER V. (1999). "The factory in the shape of things". Reaktion Ed. London.

FOK W.; PICON A. (2016). "Digital Property: Open-source Architecture". Academy Press Ed., Cambridge.

FOLGA A. (2014). "Pseudoperspectivas / Realización de un Fotomontaje Diédrico". En proceedings del XVIII Congreso de SIGraDi pp.285-289. Facultad de Arquitectura UDELAR.

FOUCAULT M. (2020). "Historia de la sexualidad I". Siglo XXI Editores Ciudad de México.

FOX M. (2016). "Interactive Architecture: Adaptive World". Princeton Architectural Press New York.

FRAZER J. (1995). "An Evolutionary Architecture". London A.A. Architectural Association

FRAZER J. (2023). "From cybernetics to interactive design". Entrevista a John Frazer. En LEACH N. (Ed). "Interactive design: towards a responsive environment". Birkhäuser Basilea.

GAMBETTA S. (2020). "Codificar sentidos. Los procesos artesanales como insumo para la fabricación digital en arquitectura". Monografía del Diploma de Construcción de Obras de Arquitectura. FADU UDELAR.

GARCIA AMEN, F. (2022). "Cuando los robots hereden la Tierra. Una hipótesis hiperstocional en torno a la Cuarta Revolución Industrial". En Revista Arquisur No. 21. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.

GARCIA AMEN, F. (2020). "Lo humano y lo no humano. Una perspectiva aceleracionista sobre la generación del proyecto en la era posdigital". En Revista Arquisur No. 21. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.

GARCIA AMEN, F.; PAYSSÉ, M.; PEREYRA, P. (2019). "Interventions in the urban setting through generative design and digital fabrication Three study cases in the city of Montevideo". Proceedings de eCAADe/SIGraDi 2019. Universidade do Porto, Porto.

GARCIA AMEN, F. (2019). "Físico y digital. Una exploración en torno a los orígenes de la convergencia físico-digital en la génesis del proyecto de arquitectura". En Revista Arquisur Nro. 15. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.

GARCIA AMEN, F. (2018). "Bits y Átomos. Una reflexión sobre la generación del proyecto en los albores de la cuarta revolución industrial". En Revista Arquisur No. 13. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.

GHANDI M. (2023). "Neurospace". Artículo publicado en LEACH N. (Ed). "Interactive design: towards a responsive environment". Birkhäuser Basilea.

GERSHENFELD N. (2000). "When things start to think". Henri Holt & Co. Ed. New York.

GERSHENFELD N. (2012). "How to make (almost) anything. The digital fabrication revolution". En Foreign Affairs Nov/Dic 2012. Vol. 91. No 6 pp. 43-57.

GERSHENFELD N.; GERSHENFELD A.; CUTCHER-GERSHENFELD J. "Designing reality. How to survive and thrive in the Third Digital Revolution". Basic Books New York.

GIBSON W. (1984). "Neuromancer". Ace Books Montreal.

GOODFELLOW I.; POUGET-ABADIE J.; MIRZA M.; BING X.; WARDE-FARLEY D.; BLENGIO Y. (2014). "Generative Adversarial Nets". Département d'informatique et de recherche opérationnelle. Université de Montréal Montreal.

GRAMAZIO F.; KÖHLER M.; WILLMAN J. (2014). "The robotic touch: how robots change architecture". Park Books Zurich.

GREEN, K.E. (2016). "Architectural robotics. Ecosystems of bits, bytes and biology". The MIT Press, Cambridge.

GROYS B. (2021). "Cosmismo ruso". Cajanegra Editores Buenos Aires.

GRONDA L. (2019). "De la mecánica a la materialidad digital". ARQUISUR Revista 9(16):54-67

HAN B.C. (2014). "En el emjambre". Herder Editores Madrid.

HAN B.C. (2019). "No-cosas. Quiebras del mundo de hoy". Editorial Taurus Madrid.

HAN B.C. (2019). "Psicopolítica. Neoliberalismo y nuevas técnicas de poder". Herder Editores Madrid.

HAN B.C. (2022). "Infocracia. La digitalización y la crisis de la democracia". Editorial Taurus Madrid.

HAN B.C. (2023). "La crisis de la narración". Editorial Taurus Madrid.

HARARI Y.N. (2017). "Homo Deus: Breve historia del mañana". Madrid Debate.

HARARI, Y.N. (2018). "21 lecciones para el siglo XXI". Penguin Random House, Montevideo.

HARAWAY D. (2019). "Seguir con el problema: generar parentesco en el Chthuluceno". Consomni Ed. Bilbao.

HARAWAY D. (2020). "Manifiesto Cyborg (Teorías del caos)". Madrid Kaótica Libros.

HAYLES K. (1999). "How we became posthuman. Virtual bodies in cybernetics literature and informatics". The University of Chicago Press Chicago.

HEIDEGGER M. (1977). "The question concerning technology and other essays". Garland Publishing Inc. New York & London.

HESTER H. (2018). "Xenofeminismo". Cajanegra Buenos Aires.

HIDALGO. C. (2015). "Why information grows: the evolution of order from atoms to economy". Basic Books New York.

HINTON G. (1999). "Unsupervised learning: foundations of neural computation (computational neuroscience)". The MIT Press Cambridge.

HUSSAIN A. (2017). "The sentient machine. The coming age of artificial intelligence". Scribner New York.

HUSSERL, E. (2008). "La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental". Prometeo Libros, Madrid.

HUI Y. (2021). "Fragmentar el futuro. Ensayos sobre la tecnodiversidad". Cajanegra Editores, Buenos Aires.

HUI, Y. (2022). "Recursividad y contingencia". Cajanegra Editores, Buenos Aires.

HUCHARD J. (1998). "Between legend and reality: The family of Joseph Marie Charles known as Jacquard". Parte I. Publicado en Lyon Bulletin Municipal Official ed la Villa de Lyon.

HUXLEY, A. (2014). "Un mundo feliz / Brave New World". Debolsillo Editorial, Granada.

ISAACSON W. (2011). "Steve Jobs". Simon & Schuster Ed. New York.

IWAMOTO L. (2009). "Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques". Princeton Architectural Press New York.

JENCKS C. (1984). "The language of post-modern architecture". Rizzoli New York.

KELLEHER J. D. (2019). "Deep Learning". The MIT Press Cambridge.

KOLAREVIC B. (2003). "Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing". Taylor & Francis Ed. Oxfordshire.

KUHN, T. (2000). "La estructura de las revoluciones científicas". Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México.

KUPTSOVA M. "Cyborganic livings". Artículo incluido en "Machine hallucinations. Architecture and Artificial Intelligence". Neil Leach y Matías Del Campo (eds.). John Wiley & Sons Oxford.

KURZWEIL R. (1990). "The Age of Intelligent Machines". Cambridge The MIT Press.

KURZWEIL R. (1999). "La era de las máquinas espirituales". Editorial Planeta Madrid.

KURZWEIL R. (2012). "La singularidad está cerca. Cuando los humanos transcendamos la biología". Berlín LolaBooks.

LAND, N. (2007). "Fanged Noumena. Collected Writings 1987–2007". Cambridge The MIT Press.

LARSON E. (1989). "What Sort of Car-rt-sort am I? Junk mail and the search for self". Harper's Magazine No. July 1989 New York.

LATOURE B. (2008). "Re-ensamblar lo social. Una introducción a la teoría del actor-red". Editorial Manantial Buenos Aires.

LEACH N. (2022). "Architecture in the age of artificial intelligence: an introduction to AI for architects". Bloomsbury Visual Arts New York.

LEACH N. (2023). "Interactive design: towards a responsive environment". Birkhäuser Basilea.

LEACH N.; DEL CAMPO M. (Eds.); "Machine hallucinations. Architecture and Artificial Intelligence". John Wiley & Sons Oxford.

LEVY P. (1999). "¿Qué es lo virtual?". Editorial Paidós Buenos Aires.

LIU K. (2011). "Staying behind". Relato breve publicado en Clarkesworld No. 61 Octubre 2011. <https://shorturl.at/gnzIO>

LOVELOCK J. (2020). "The Coming Age of Hyperintelligence". London Penguin Books.

LUKACS DE PERENY M. (2022). "Neo entes. Tecnología y cambio antropológico en el siglo XXI". Grupo Unión Editorial Buenos Aires.

LYNN, Greg (1999). "Animate form". Princeton Architectural Press, New York.

LYNN, Greg (1993). "Folding in Architecture". Artículo incluido en "The digital turn in architecture. 1992-2012". Mario Carpo (ed.), London: John Wiley & Sons.

MANOVICH L. (2020). "Cultural Analytics". The MIT Press Cambridge.

MANOVICH L. (2022). "AI & myths of creativity". Artículo publicado en "Machine hallucinations. Architecture and Artificial Intelligence". Neil Leach y Matías Del Campo (eds.). John Wiley & Sons Oxford.

MARTIN IGLESIAS, R. (2011). "Representación digital de la arquitectura y arquitectura de la representación digital". Tesis doctoral. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.

MARX K. (1993). "Grundrisse: Foundations of the Critique of Political Economy". London Penguin Classics.

McNEILL J.R.; ENGELKE P. "The Great Acceleration: An Environmental History of the Anthropocene since 1945". Boston Belknap Press: An Imprint of Harvard University Press.

MITCHELL W.J. (1999). "e-Topia. «Urban life Jim, but not as we know it». The MIT Press Cambridge.

MITCHELL W.J. (2003). "Me++. The cyborg self and the networked city". The MIT Press Cambridge.

MORDVINTSEV A.; OLAH Ch.; TYKA M. (2015). "Deepdream -a code example for visualizing neural networks". Google Research Vol.2 Issue 5.

MORTON T. (2018). "El pensamiento ecológico". Barcelona Paidós.

MORTON T. (2019). "La ecología oscura. Sobre la coexistencia futura". Barcelona Paidós.

MUMFORD L. (2013). "El mito de la máquina: Técnica y evolución humana (Volumen 1)". Logroño, Pepitas de Calabaza Ed.

NEGARESTANI, R. (2016). "Ciclonopedia. Complicidad con materiales anónimos". Materia Oscura Editorial, Segovia.

NEGROPONTE N. (1970). "The Architecture Machine". The MIT Press Cambridge.

NEGROPONTE N. (1995). "Being digital". New York: Vintage Books.

NEUMANN J. v. (1958). "The computer and the brain". Yale University Press New Haven.

ORTEGA L. (2009). Ed. "La digitalización toma el mando". Gustavo Gilli Barcelona.

ORTEGA L. (2013). "Digitalization takes command. El impacto de las revoluciones de las tecnologías de la información y la comunicación en arquitectura". Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona Barcelona.

ORTEGA, L. (2017). "El diseñador total. Autoría en la época posdigital". Puente Editores, Barcelona.

OXMAN N. (2007). "Digital craft fabrication-based design in the age of digital production". Publicado en línea por MIT. <https://shorturl.at/nAKT8>

OXMAN N. (2010). "Structuring materiality: design fabrication of heterogeneous materials". *Architectural Design* 80(4) 78-85. <https://doi.org/10.1002/ad.1110>

OXMAN N. (2020). "Material ecology". Catálogo de la exposición homónima. May 14–Oct 18 2020. <https://shorturl.at/mqCST>

PASQUINELLI M. (2020). "The Nooscope Manifested: Artificial Intelligence as Instrument of Knowledge Extractivism". Preprint KIM research group Karlsruhe University of Arts and Design Karlsruhe. Solo disponible en línea: <https://shorturl.at/LMSUW>

PASQUINELLI M. (2023). "The Eye of the Master: A Social History of Artificial Intelligence". Verso Books New York.

PASK G. (1969). "The Architectural Relevance of Cybernetics". *Architectural Design* No 7/6 London John Wiley & Sons Ltd. pp 494-6.

PENROSE, R. (2006). "La nueva mente del emperador". Debolsillo, Madrid.

PHILLIPS S. (2017). "Elastic Architecture. Frederick Kiesler and Design Research in the First Age of Robotic Culture". The MIT Press Cambridge.

PLASENCIA A. (2017). "Is the universe a hologram? Scientists answer the most provocative questions". The MIT Press Cambridge.

PRECIADO, P. (2020). "Aprendiendo del virus". En AMADEO P. (2020). "Sopa de Wuhan. Pensamiento contemporáneo en tiempos de pandemias". Aislamiento Social y Preventivo (ASPO), La Plata.

PTQK M. (2019). "Especies del Chthuluceno. Panorama de prácticas para un planeta herido". Gabinete Sycorax Bilbao.

RENDÓN M.A. (2009). "Creatividad y cerebro. Bases neurológicas de la creatividad". Aula: revista de pedagogía de la Universidad de Salamanca 15(1):117-135

RUSSELL S.; NORVIG P. (2009). "Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno". Prentice Hall Publishers New Jersey.

SADIN E. (2013). "La humanidad aumentada". Buenos Aires Cajanegra.

SADIN E. (2018). "La silicolonización del mundo. La irresistible expansión del liberalismo digital". Buenos Aires Cajanegra.

SADIN, E. (2022). "La era del individuo tirano. El fin de un mundo común". Cajanegra, Buenos Aires.

SCHUMACHER P. (2011). "The Autopoiesis of Architecture Volume I: A New Framework for Architecture". John Wiley & Sons London.

- SCHWAB K. (2017). "The Fourth Industrial Revolution". London Penguin Books.
- SCHWAB K.; MALLARET T. (2020). "COVID-19. El gran reinicio". Debate Madrid.
- SEARLE J. (1996). "El redescubrimiento de la mente". Editorial Crítica Madrid.
- SENNET R. (2008). "El artesano". Editorial Anagrama Madrid.
- SETH A. (2021). "Being you: a new science of consciousness". Dutton London.
- SHANAHAN M. (2015). "The technological singularity". Cambridge The MIT Press.
- SHANNON C. E. (1948). "A Mathematical Theory of Communication". The Bell System Technical Journal Vol.XXVII No.3 Julio 1948. Nokia Bell Labs.
- SIGMAN M.; BILINKIS S. (2023). "Artificial. La nueva inteligencia y el contorno de lo humano". Debate Barcelona.
- SIMONDON G. (2007). "El modo de existencia de los objetos técnicos". Buenos Aires Prometeo.
- SKYVINGTON W. (1978). "Machina sapiens : ensayo sobre la inteligencia artificial". Huemul Editorial Buenos Aires.
- SLOTERDIJK P. (2008). "Normas para el parque humano: Una respuesta a la Carta sobre el humanismo de Heidegger". Editorial Siruela Madrid.
- SPERLING D.; HERRERA P. (2015). "Homo Faber : Digital Fabrication in Latin America". São Carlos : Instituto de Arquitetura e Urbanismo. Disponible en:  
[http://www.fec.unicamp.br/~celani/caadfutures\\_2015/homofaber\\_catalogue.pdf](http://www.fec.unicamp.br/~celani/caadfutures_2015/homofaber_catalogue.pdf)

SRNICEK N.; WILLIAMS A. (2017). "Inventar el futuro. Poscapitalismo y un mundo sin trabajo.". Malpaso Editores Barcelona.

STEVENS, P. (1986). "Patrones y pautas en la naturaleza". Biblioteca Científica Salvat, Madrid.

SRNICEK, N. (2018). "Capitalismo de plataformas". Cajanegra Editores, Buenos Aires.

STEENSON M.W. (2017). "Architectural Intelligence. How designers and architects created the digital landscape". The MIT Press Cambridge.

TAPIA. C. (2020). "De forma et vita. La arquitectura en relación con lo no vivo". Athenaica Ediciones, Sevilla.

TAPIA J.A. (2021). "Post-finitud y devenir maquínico: la mirada aceleracionista sobre los efectos de la penetración del techno-capitalismo en la naturaleza y la sociedad". Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador. Área de Estudios Sociales y Globales. Quito.

TATULYAN M. (2021). "La singularidad radical. Ensayo sobre los fenómenos singulares". Experimenta Editorial, Madrid.

TATULYAN, M. (2023). "El Posthumanismo o el exilio radical. Sobre el Posthumanismo como abandono de fronteras.". Experimenta Editorial, Madrid.

TERZIDIS K. (2006). "Algorithmic architecture". Routledge London.

THOMPSON, D. (2011). "Sobre el crecimiento y la forma". Ediciones Akal S. A., Madrid.

TRIPALDI L. (2023). "Mentes paralelas. Descubrir la inteligencia de los materiales". Cajanegra Buenos Aires.

TURING, A. (2012). “¿Puede pensar una máquina?”. KRK Cuadernos de Pensamiento, Madrid.

VAN HOLM E. J. (2015). “What are Makerspaces Hackerspaces and Fab Labs?”. Nov 7 2014. Disponible en SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2548211>

VIRILIO P. (1980). “Estética de la desaparición”. Editorial Anagrama Barcelona.

WEISER M. (1995). “The technologist's responsibilities and social change”. Computer-Mediated Communication Magazine. Vol. 2 No. 4. p.17. Abril 1995

WIENER N. (2008) “Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine”. Whitefish Kessinger Publishing.

WOLFE, C. (2009). “What Is Posthumanism?”. University of Minnesota Press, Minnesota.

ZIBECCHI, R. (2020). “A las puertas de un nuevo orden mundial”. En AMADEO P. (2020). “Sopa de Wuhan. Pensamiento contemporáneo en tiempos de pandemias”. Aislamiento Social y Preventivo (ASPO), La Plata.

ZUBOFF S. (2020). “The age of surveillance capitalism: the fight for a human future at the new frontier of power”. PublicAffairs New York.