

/Alumno:
Roberto Pérez-Guerras Galocha

/Tutora:
Ángela Juarranz

改善 - KAIZEN TFG

Big Data & Data Science
como Herramientas
Creativas y Técnicas

INFRAESTRUCTURA INFORMACIONAL

arquitectura a través de datos *y método*

Trabajo Fin de Grado

31/05/2024

Textos, edición, maquetación:

Roberto Pérez-Guerras Galocha

Tutora:

Ángela Juarranz Serrano

TFG - Aula 6

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid
Universidad Politécnica de Madrid

**INFRAESTRUCTURA INFORMACIONAL
Y MÉTODO. ARQUITECTURA A TRAVÉS
DE DATOS**

Big Data & Data Science como Herramientas
Creativas y Técnicas

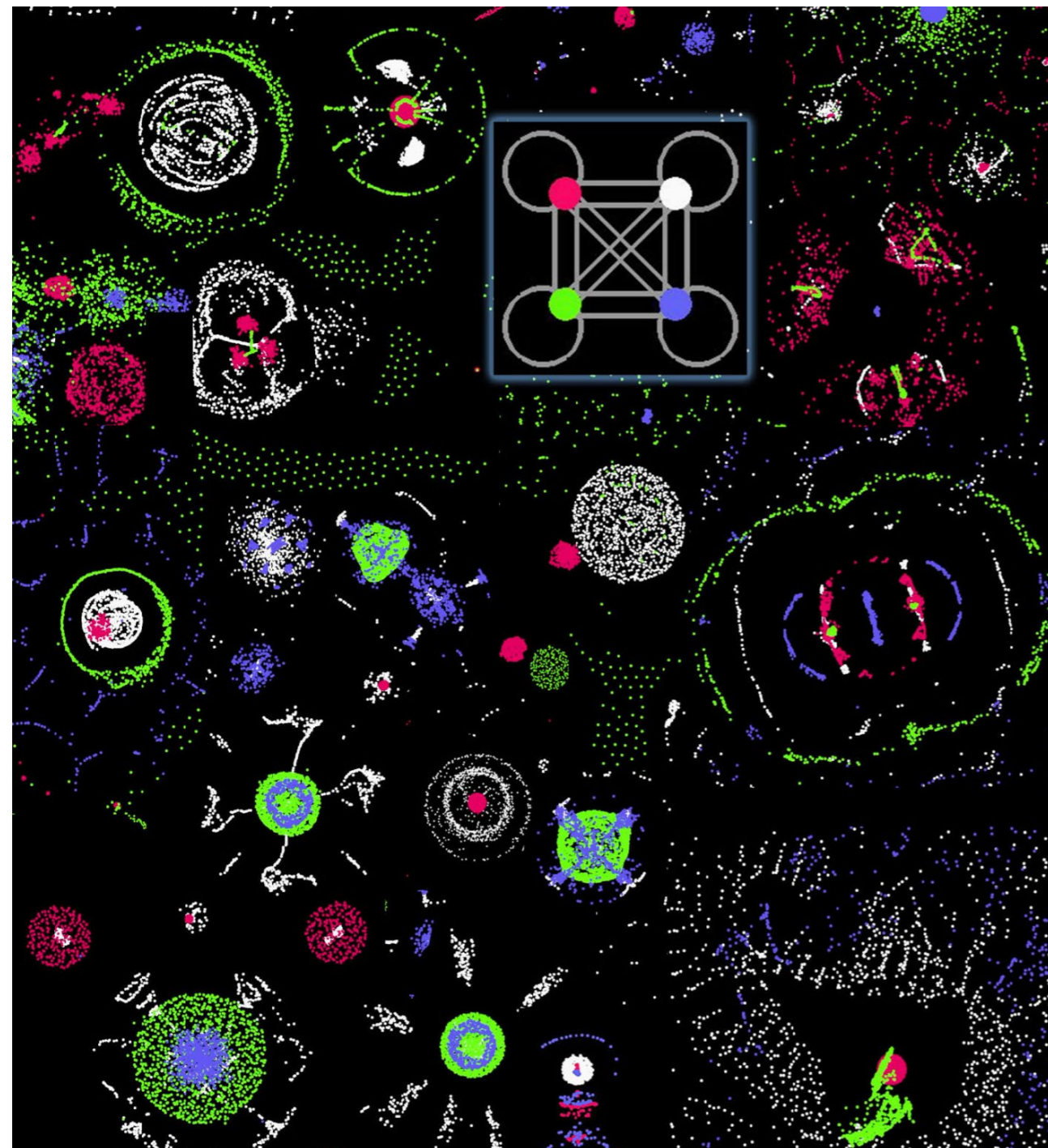


Figura 1. Ahmad, Hunar. (2022) Create artificial life from simple rules - particle life. Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=0Kx4Y9TVMGg> (Consultado 30-05-2024)

Nota Portada - Contraportada.
Elaboración propia, (2024) junto con Wolfram, Stephen.(2020) Visualización de un hipergrafo. <https://www.wolframphysics.org/visual-gallery/downloads?i=0001-dark>. (Consultado 30-05-2024)

Nota Fig. 1.
Captura de pantalla de un sistema virtual autogenerativo a través de unos parámetros base

ÍNDICE

Resumen	7
Introducción	11
Motivación	13
Estado de la cuestión	15
Objetivos	17
Metodología	19
Estructura del trabajo	21
01 Sistema, la abstracción de un objetivo	23
01.01 Artigiano.	25
01.02 The Alphabeth & the Algorithm.	29
01.03 Decisión – Monitorización - Valoración.	33
01.04 Construcción <i>Lean</i> , la adaptación de un modelo.	37
02 De la Infraestructura al método	43
02.01 <i>Big Data</i> y reducción dimensional, herramientas de análisis arquitectónico.	45
02.01.1 Ecosistema	
02.02 <i>Hipergrafo</i> , monitorización de un proceso.	57
02.03 Data Curator, parámetros y tratamiento de la información.	61
03 平準化 - Heijunka, Workflow para la industria 4.0	63
03.01 Construcción <i>Lean</i> a través de <i>Hipergrafos</i> .	65
03.02 Metodología.	67
04 Reducción dimensional y ensamblaje de modelos	77
04.01 Caso de Estudio, fase <i>Pre-Alpha</i> .	79
04.02 <i>Bagging</i> , la Internet de la Construcción.	101
Conclusiones	105
Bibliografía	107
Anexo	109

RESUMEN

La Arquitectura presenta elementos (variables) que la caracterizan en cuanto a los objetivos que debemos cumplir. Estas variables generan una cadena de decisiones donde cada elemento debe tener un propósito, desde lo general hasta lo particular. Entendiendo entonces que existe una respuesta racional de cada una de las fases que conforman la cadena de decisiones (aún siendo una premisa teórica, es decir, asintótica).

Las variables responden a una serie de elementos arquitectónicos. Firmitas, Utilitas y Venustas nos permite entender que la respuesta a una necesidad arquitectónica debe cumplir condiciones constructivas, funcionales y formales, pero es oficio del arquitecto elaborar la toma de decisiones, dado que ahí reside nuestro razonamiento lógico. Es aquí donde la tecnología y los avances actuales irrumpen de forma inexorable en la profesión, el Arquitecto maneja una cantidad de personas, tiempos, partidas y recursos que, en conjunto, representan volúmenes de datos suficientemente grandes como para plantear la siguiente cuestión:

¿Existe alguna manera, algún método, para facilitar el análisis y la monitorización en la arquitectura?

La información “pesa” y es en este principio donde esta investigación plantea como hipótesis si la información que rodea a la toma de decisiones, planificación y flujo de trabajo, podemos encontrar valores medibles y cuantificables, de ser así, tal vez podamos monitorizar, analizar y ver con mayor facilidad dónde nuestros sistemas, nuestra arquitectura, es fiable, sólida, y donde puede mejorar.

Palabras clave:

Big Data – Data Science – Información – Datos – Metodología – Visualización – Sistema – UMAP

ABSTRACT

Architecture has elements (variables) that characterize the goals we must meet. These variables generate a chain of decisions where each element must have purpose, from the general to the particular. Understood this stage in which there is a rational response from each of the phases that make up the chain of decisions (even though it is a theoretical premise, that is, asymptotic).

Variables respond to a bunch of architectural elements. Firmitas, Utilitas & Venustas allow us to understand that the response to an architectural decision need to be constructive, functional and formal, it is the job of the architect to make the decisions following logical reasoning. This is where technology and current advances inexorably break into the profession. The Architect manages a number of people, time and resources that together make volumes of data, large enough to raise the following question:

Is there any way, any method, to make easier analysis and monitoring in Architecture?

Information “weighs”, and it is in this principle where this research hypothesizes whether the information surrounding decision making, planning and workflow, we can find measurable and quantifiable values, if so, perhaps we can monitor, analyze and see where our systems, our architecture, is reliable, and where it can improve.

Keywords:

Big Data - Data Science - Information - Data -
Methodology - Visualization - System - UMAP

INTRODUCCIÓN

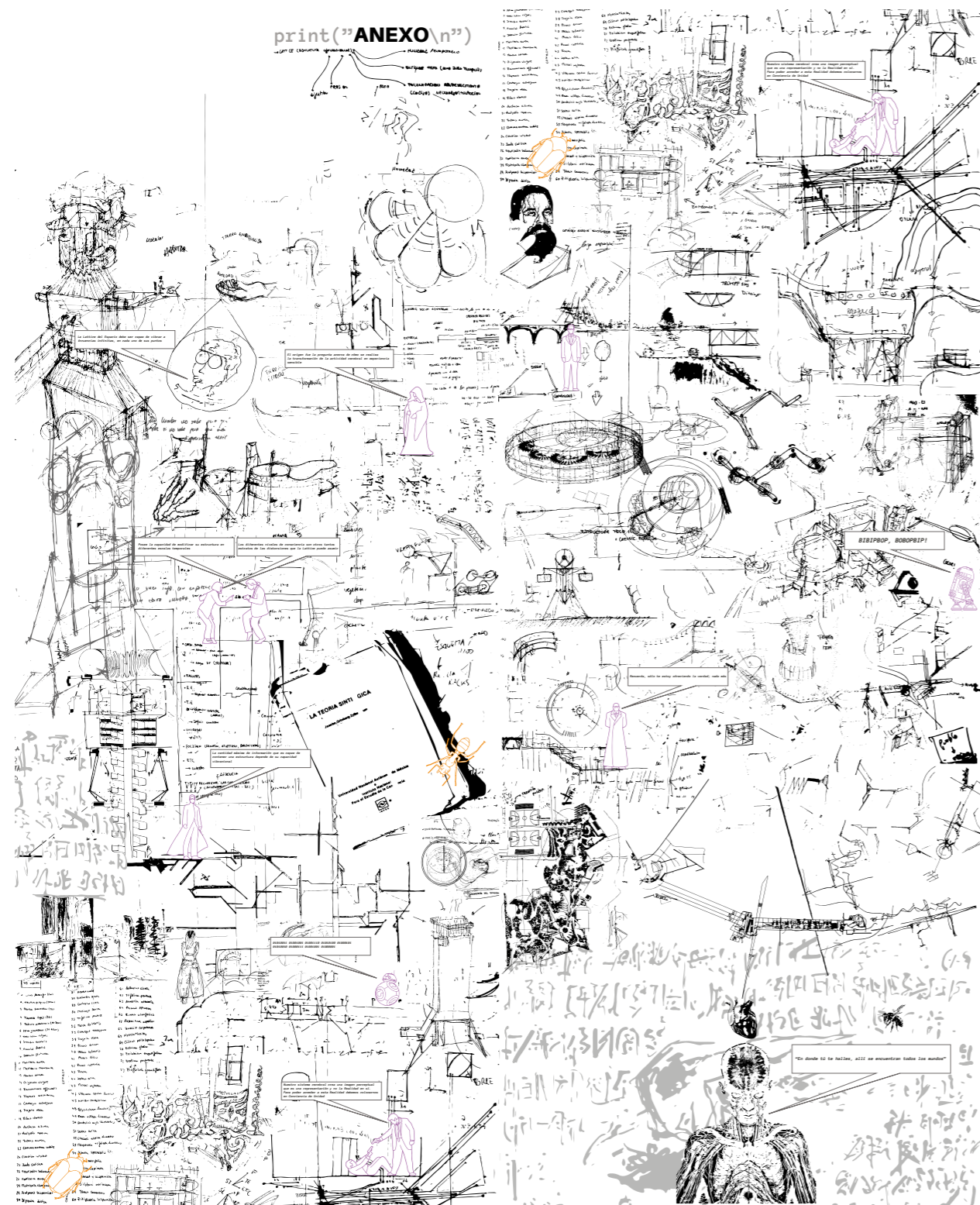


Figura 2. Elaboración propia, (2023) Anexo de ideas y esbozos, proceso de ideación de diferentes proyectos.

MOTIVACIÓN

¿Cómo puedo ser más eficiente en los procesos y objetivos que se presentan en el desarrollo arquitectónico?

Es una cuestión que personalmente me produce una cierta intranquilidad, que lejos de ser acongojante, me plantea una serie de dudas. Surgió una máxima a seguir, conocer las diferentes casuísticas que se hayan dado o puedan dar en el campo arquitectónico, desde una fase puramente proyectual y creativa hasta la planificación constructiva.

Sería una poderosa ayuda poder ver qué, cómo, porqué y cuáles han sido los escenarios que generan aprendizaje validado⁴, siendo un aliado para almacenar información y poder centrar nuestros esfuerzos en los elementos más importantes de un proyecto "x".

Es aquí donde la búsqueda lleva a esta investigación, buscar una metodología que sea capaz de entender cómo dar el siguiente paso, cómo dibujar en el pensamiento creativo unas bases que permitan fusionar la inventiva humana con un gran volumen de datos que resulte inabarcable.

Cada acción llevaría consigo una intención detrás con mucha más información, si además esa información la ordenamos, acumulamos y transformamos en visualizaciones asimilables, entonces quizá podríamos materializar un "renacer" en la imaginación donde el ser humano pueda crear, con una creatividad extremadamente precisa, acompasado con el ecosistema en el que se encuentre.

ESTADO DE LA CUESTIÓN

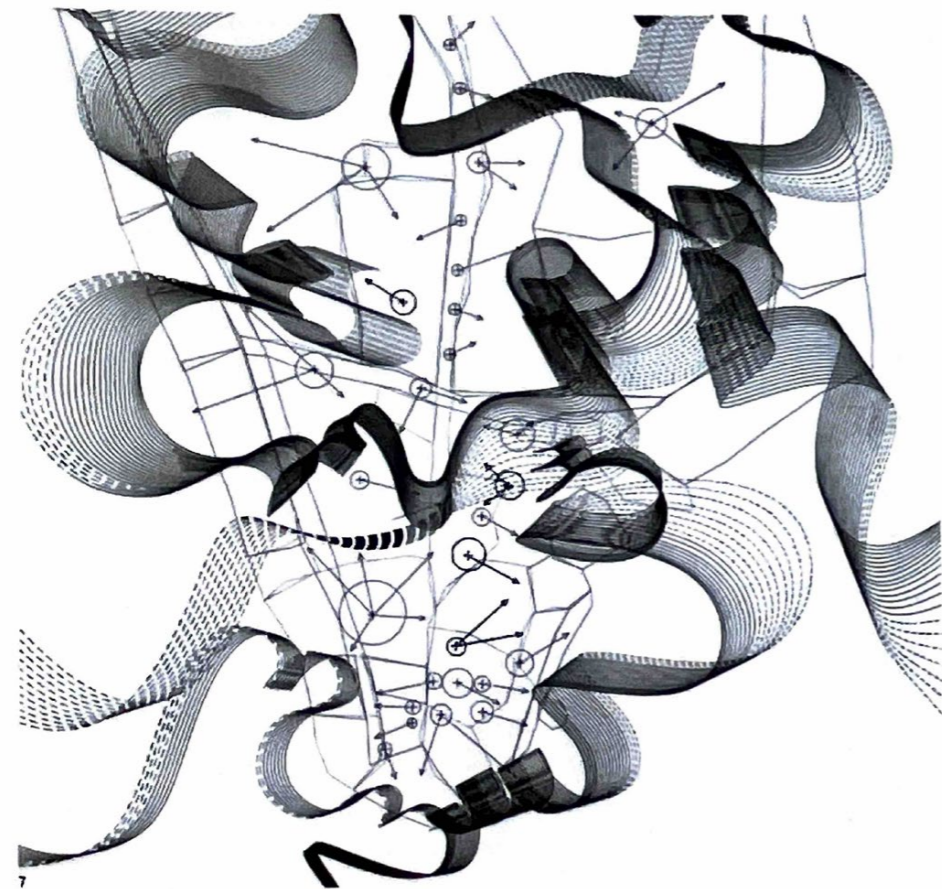


Figura 3. Evan Douglis. (2009). *Autogenic Structures*
Performance mapping of transgressive behaviour during business hours in Lower Manhattan. Vector trajectories index the attractors and repellents of criminal behaviour. pg 41.

¹ conjuntos de datos que, por su gran volumen, requieren técnicas especiales de procesamiento (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.7 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [30.05.2024]

²Toyota Production System

El empleo de sistemas¹ para optimizar procesos de calidad, logística y producción reside su concepción y auge en la segunda mitad del siglo XX.

Estas disciplinas son el resultado orgánico de una necesidad (starting from need, TPS²): personas del ámbito industrial vieron que el progreso humano había conseguido crear productos eficientes en tiempos reducidos; sin embargo, esa producción tenía flaquezas, la producción masiva generaba grandes beneficios, pero también grandes pérdidas, es ahí donde surge un gran componente revolucionario, la monitorización, la recogida de información y su estudio con la finalidad de producir exclusivamente lo que se necesita y eliminar los gastos innecesarios.

Es entonces cuando aparecen volúmenes de datos jamás antes vistos (Macrodatos), océanos alfanuméricos de contenido. No solo se almacenan datos del mundo material, sino que además se crean datos a través del mundo virtual, la producción llega a su siguiente fase cuando somos capaces de trasladar la inventiva a un plano virtual bidimensional (AUTOCAD, 1982) y posteriormente tridimensional .

En la primera mitad de los años 20 del siglo XXI, tratar cantidades masivas de datos resulta habitual y en ocasiones desbordante en la Arquitectura; sin embargo, ese interés por crear de manera más eficiente existe (Lean Construction) y es latente pero la monitorización de la información recogida aún resulta difícil de interpretar.

La fusión de la eficiencia material, productiva y energética con la visualización de grandes volúmenes de datos puede llegar a ser una realidad, pero a día de hoy es una realidad por construir.

OBJETIVOS

La intención de este trabajo es establecer una metodología para optimizar el proceso proyectual y constructivo a la hora de hacer Arquitectura, con la finalidad de probar un sistema de monitorización y aprendizaje constante .

Se desglosará cada una de las fases que son necesarias para comprender y visualizar los datos recogidos. Además, se ofrecerán diferentes herramientas para el estudio y seguimiento en función del dominio metodológico en el que se encuentre.

Toda esta explicación tiene el deseo de mostrar su aplicación mediante el empleo de hipergrafos, un sistema matemático capaz de pasar dibujos esquemáticos a matrices de incidencia⁸, junto con el análisis, con una serie de parámetros, de las interconexiones y correlaciones en una vivienda objeto de estudio, para así mostrar la plasticidad que posee el sistema, aun siendo un prototipo.

3 matriz boolean (1/0) que representa conexiones entre pares de vértices

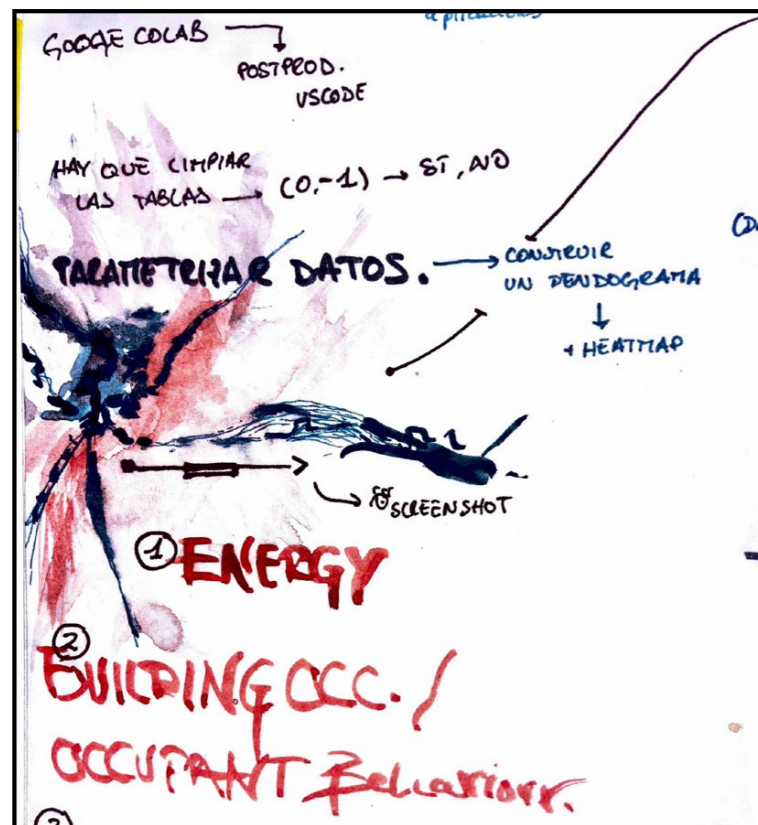
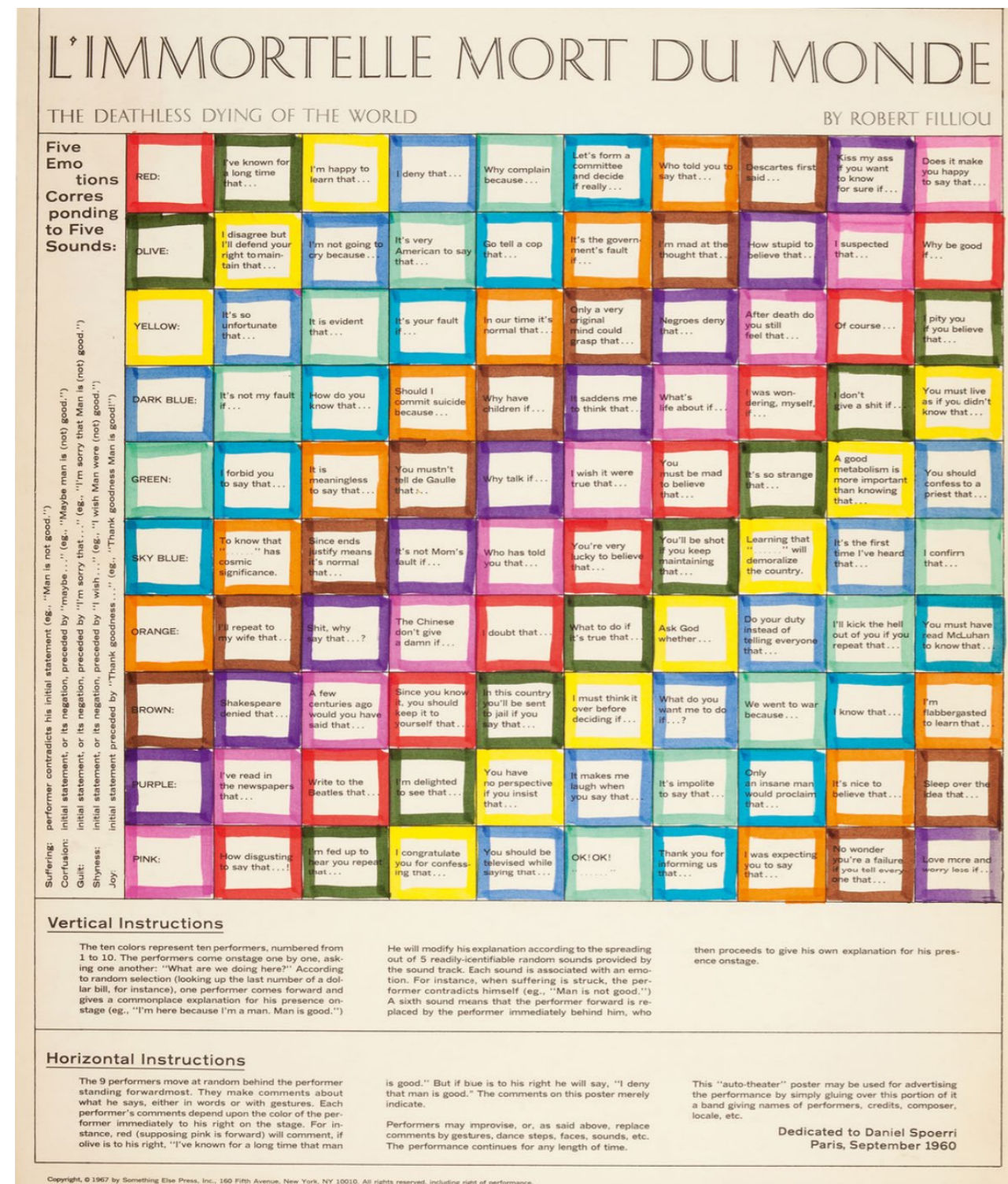


Figura 4. Elaboración propia, (2024) Ideas y esbozos, proceso de ideación de diferentes proyectos.



METODOLOGÍA

El estudio y desarrollo de toda la documentación escrita viene agrupada en tres bloques referentes a las fases que atraviesa el método. Estos se organizan de este modo:

- Fase 1 -

Asimilación de elementos (parámetros de diseño) a la hora de establecer un proceso de seguimiento. La producción y su posterior monitorización de los procesos y decisiones. Base de la estandarización y la mejora continua.

- Fase 2 -

Estudio del método Lean Construction en la puesta en obra. Empleo de mecanismos de aprendizaje mediante diagramas e hipergrafos, a partir de escritos como "A Projecto to Find the Fundamental Theory of Physics" de Stephen Wolfram.

- Fase 3 -

Análisis y tratamiento de datos arquitectónicos extraídos de viviendas que serán objeto de estudio mediante Ciencia de Datos, a través de la reinterpretación y ajuste de herramientas para grandes cantidades de datos.

- Fase 4 -

Planteamiento del ecosistema constructivo virtual como un conjunto ensamblador de diferentes herramientas y visión prospectiva.

El apoyo en diferentes disciplinas de producción, estadística y matemática resulta constante en toda la investigación, es en este aprendizaje donde se pretende hacer un intento de extrapolación de todos estos elementos para la arquitectura.

Figura 5. Robert Filliou. (1967). *L'Immortelle Mort du Monde* The Deathless Dying of the World. <https://www.artsy.net/artwork/robert-filliou-limmortelle-mort-du-monde-the-deathless-dying-of-the-world> (Consultado 30.05.2024)

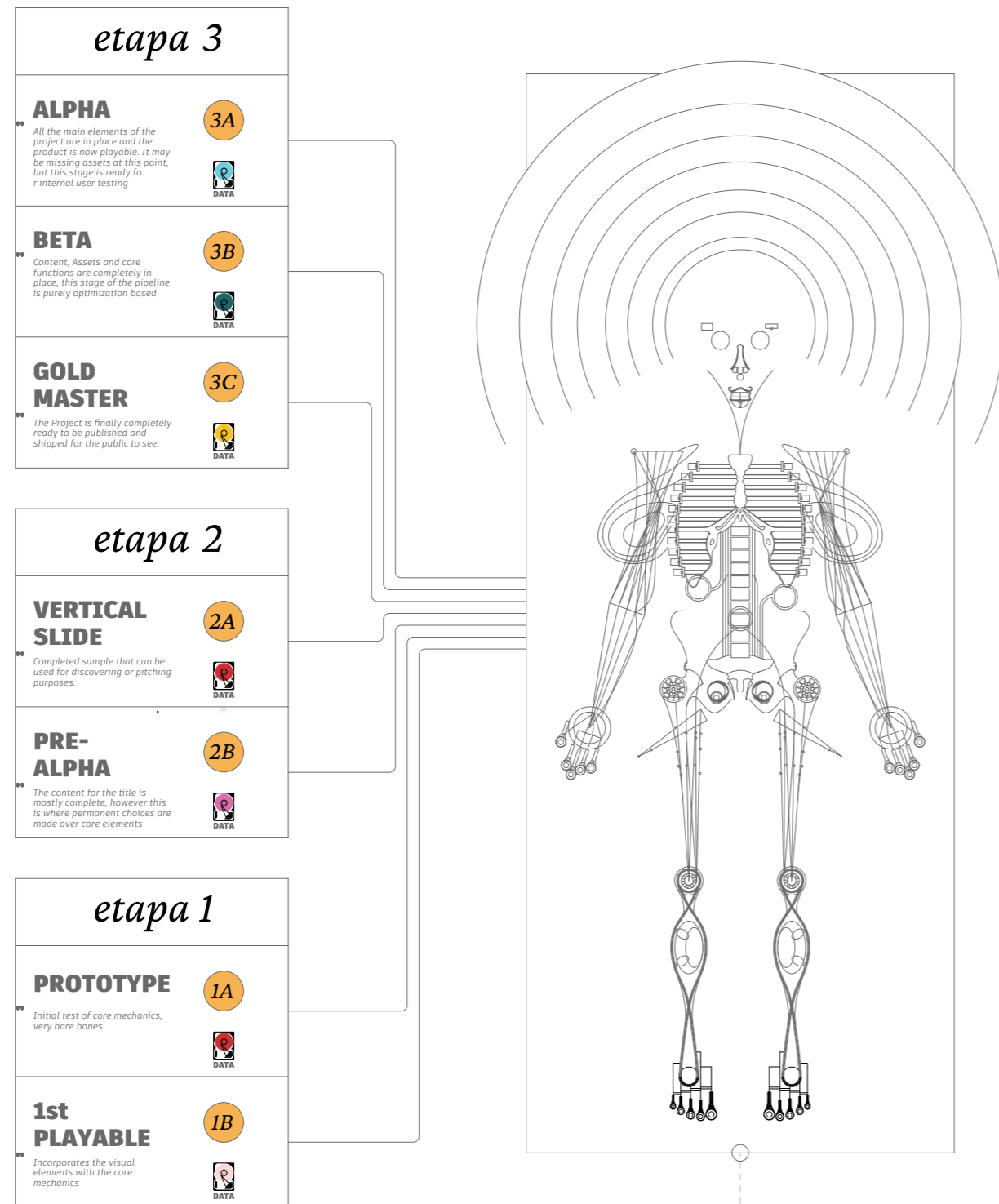


Figura 6. Elaboración propia, (2024). Síntesis del ecosistema.

ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El trabajo se estructura siguiendo el estudio llevado a cabo para comprender la Arquitectura en relación con el *Big Data* y *Data Science*.

En la Introducción se encuentra el foco y la proyección de este estudio, junto con los *inputs* que han suscitado la fusión de monitorización, datos y construcción.

El cuerpo de la investigación se compone por 4 capítulos:

El primer capítulo expone el marco teórico. La cultura de la información presenta una base de análisis social; sin embargo, existe una inclusión creciente hacia lo que se conoce como la Arquitectura Postdigital⁴, donde aparece el papel del Arquitecto de Sistemas, el *Artigiano* de la Información.

El segundo capítulo tiene como objeto estudiar el proceso de producción Lean en la construcción, sus distintas metodologías en relación con los tiempos de obra, junto a esto se propone un desarrollo monitorizable a partir de un concepto matemático, el hipergrafo.

El tercer capítulo explica la recogida de datos, conocido como Minería de Datos, espacio que sirve además para la comprensión y tratamiento de la información para visualizar e interpretar. Además se llevará a cabo un desarrollo más exhaustivo de uno de estos procesos, empleando métodos de reducción dimensional y correlación jerárquica, *Uniform Manifold Aproximation and Projection* (UMAP), se verá sometido a un caso de estudio arquitectónico mediante el previo tratamiento de estos datos.

Para concluir, se mostrará una visión prospectiva del ecosistema, a fin de elaborar un plausible marco teórico, donde la información sea tratada de una manera u otra en función de la opción más óptima para analizar.

4 Carpo.M

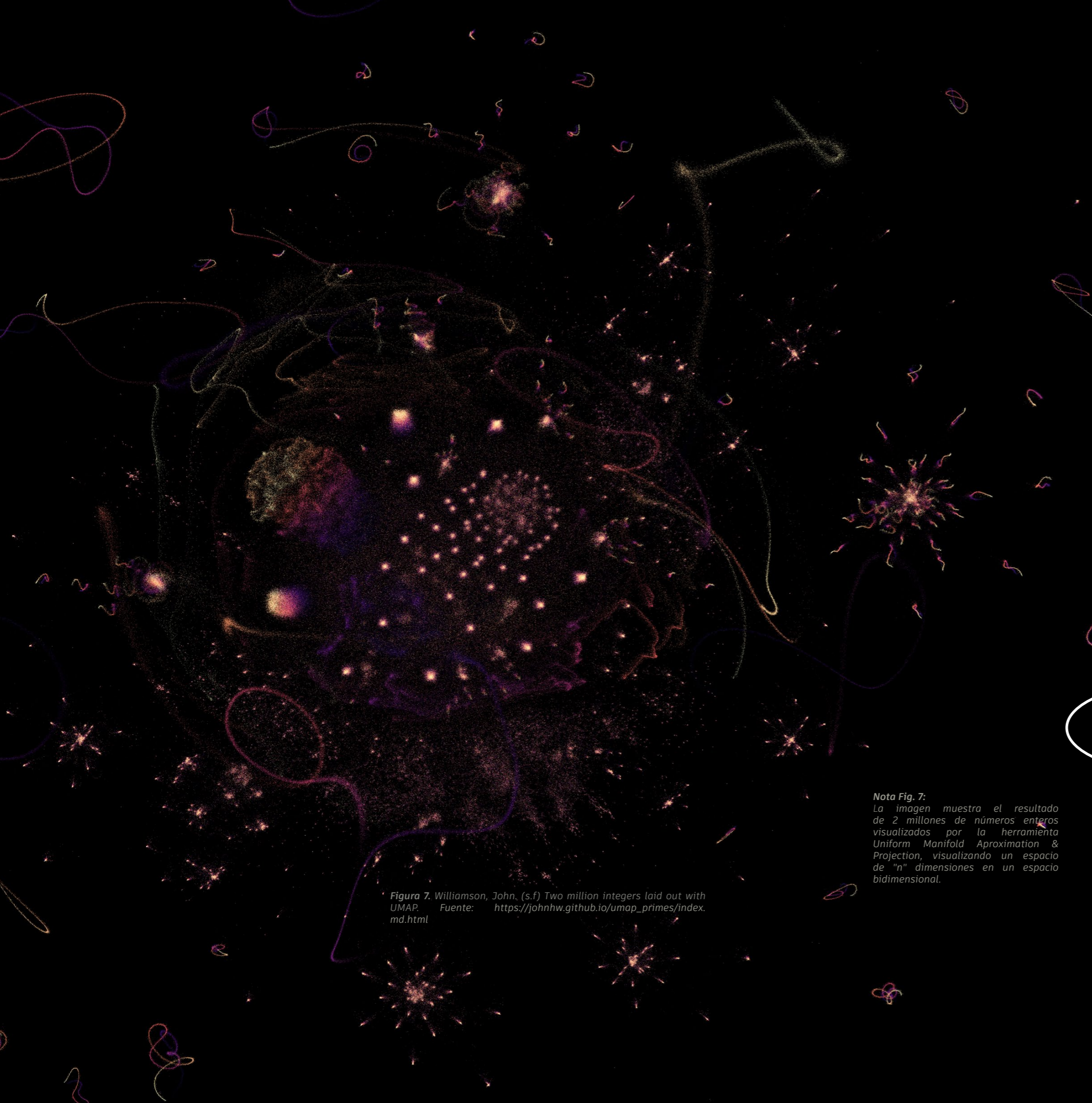
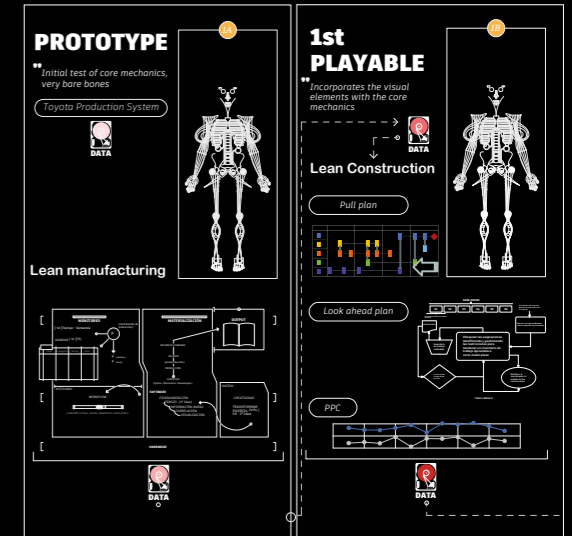


Figura 7. Williamson, John. (s.f) Two million integers laid out with UMAP. Fuente: https://johnhw.github.io/umap_primes/index.md.html



SISTEMA, LA ABSTRACCIÓN DE UN OBJETIVO

01

Nota Fig. 7:
La imagen muestra el resultado de 2 millones de números enteros visualizados por la herramienta Uniform Manifold Aproximation & Projection, visualizando un espacio de "n" dimensiones en un espacio bidimensional.

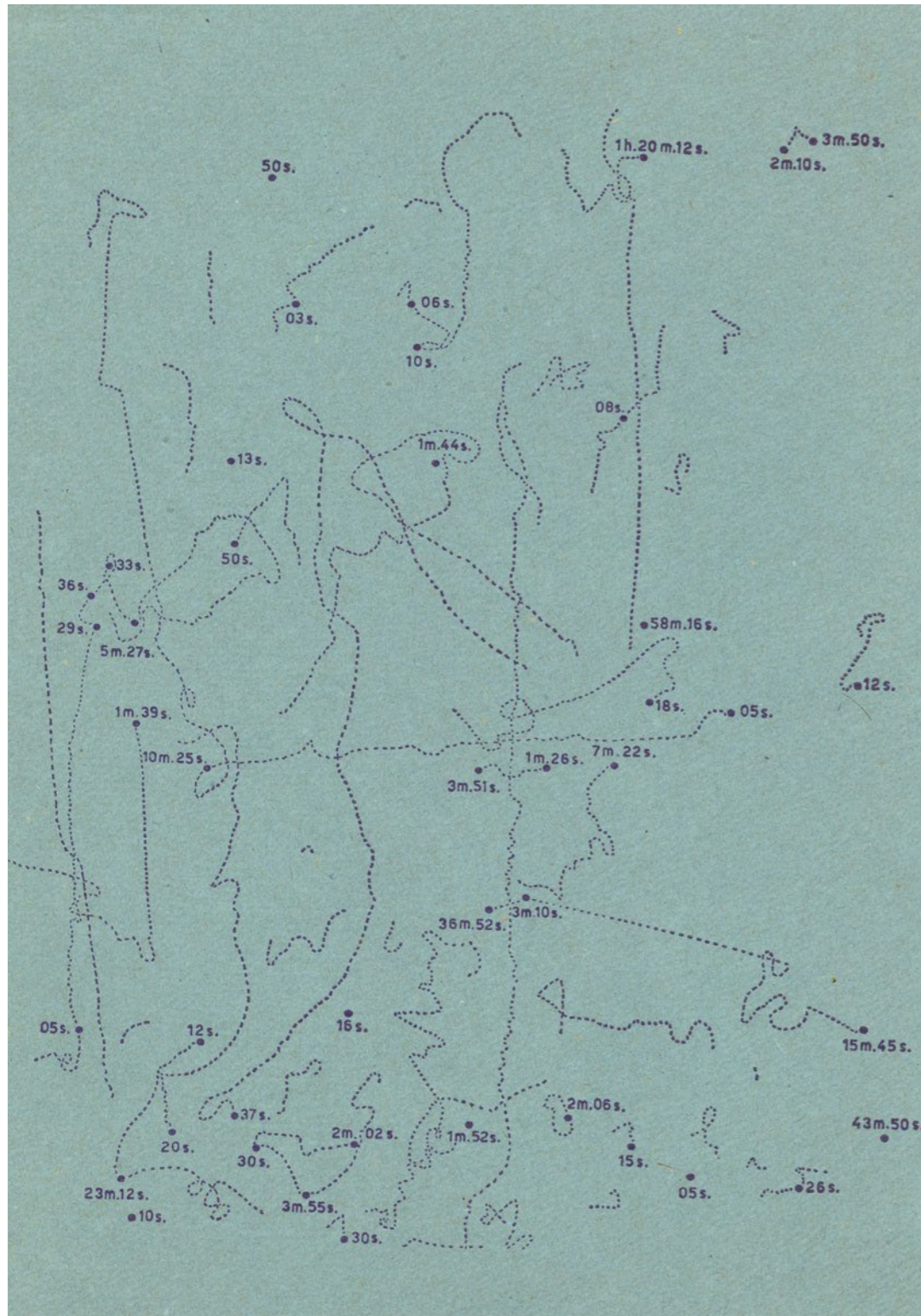


Figura 8: Marchetti, Walter. (1967). Observación de los movimientos de una mosca sobre el cristal de una ventana desde las 8 de la mañana hasta las 7 de la tarde.

1.1

Artigiano

El conocimiento humano resulta, a lo largo de la historia, un conjunto información transferida entre seres humanos, el desarrollo empírico proporciona la experiencia y con ello, el conocimiento. Sociedades han tratado el aprendizaje ligado a personas (Maestro - Aprendiz) que en el pasado conocían con amplitud sobre un oficio en concreto, la maestría supuso un nuevo paradigma, la información se personificaba y adquiría en su cualidad ontológica un arte, una destreza tanto en su enseñanza como en su ejecución.

Al personificar la información, pasaba de un plano virtual al medio físico y, junto con este el conjunto de procesos que llevaban a término la materia a resolver. Esos procesos responden a un sistema, es en la efectividad de estas reglas donde aparecía la racionalidad de acciones y con ello, el desarrollo de sistemas.

Skynet, la inteligencia artificial que alcanzaba la singularidad en 1997 al adquirir conciencia de sí misma, para después tener como misión vital destruir la raza humana, planteaba una cuestión, no acerca de qué tan ficticio es el planteamiento argumental, si no de qué tan lejano es este escenario de la realidad. Altuna Charterina expresaba la necesidad de entender el futuro, donde el desencadenante no sea un exterminio masivo, si no una obsolescencia programada de la humanidad. "Los arquitectos debemos transformarnos en arquitectos de sistemas (...) que sean capaces de desarrollar sistemas, sistemas productores de proyectos arquitectónicos" esta proclama va más allá de una necesidad por la subsistencia, habla de la arquitectura como la respuesta a un producto que es vital, y por ello también lo es sus tiempos, su ejecución y por supuesto su calidad en consonancia con la terna "Firmitas, Utilitas, Venustas" que fundamenta nuestro ejercicio. "Hoy en día, los servicios que ofrecemos los arquitectos se parecen más a los de un sastre que realiza trajes a medida (...) Solo un 2% de los edificios del planeta Tierra está diseñado por un arquitecto (Parvin, 2013). Eso significa que el 98% restante está por debajo de unos estándares que podrían ser mucho más altos".

⁵Altuna Charterina, Gaizka, et al. (2020)



Figura 9 (superior): *Terminator*. Cameron, James. (1985). Logo Skynet, Cyberdyne Systems Corp.

Figura 10 (inferior): *Gattaca*, Niccol, Andrew (1997)

La película *Gattaca*, muestra la distopía que resultaría del clasismo por mejora genética, la segregación social se muestra en las limitaciones de acceso a la educación de aquellas personas que la padecen. Es así como se crean "techos" que no provienen de las aptitudes del ser humano, el ADN no limita su conocimiento, si no la oportunidad de poder aprender (asimilar información) en unas condiciones que permitan a la persona poder acceder teniendo cubiertas ciertas necesidades previas.

De la misma forma que la industrialización dejó obsoletos a los artesanos, desligando esa "información personificada" y subdividiéndola en procesos extremadamente específicos y pormenorizados, la arquitectura vinculada a la gestión de datos manifiesta una metodología donde esos "arquitectos de sistemas" poseen unas capacidades que pueden llegar a pesar respecto a los límites de asimilación y procesamiento humano. Es en la domesticidad de estos elementos donde los profesionales pueden hacer hincapié, para mantener el peso que le corresponde a la arquitectura respecto de los sistemas.

1.2 The Alphabeth & the Algorithm

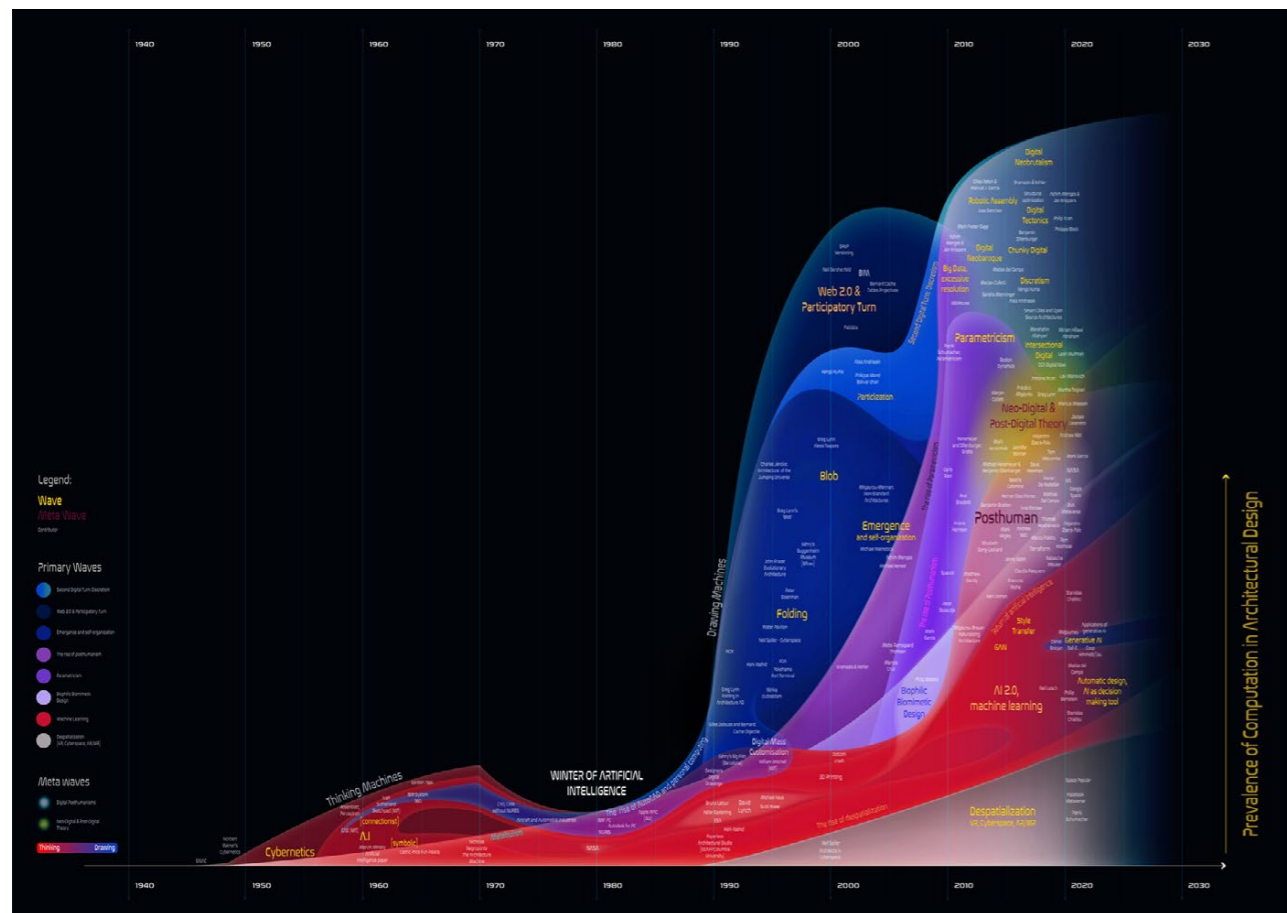


Figura 11: Garcia, Mark; Hutt Steven. (2023) "Prevalence of Computation in Architectural Design," Fuente: <https://www.e-flux.com/architecture/chronograms/528659/a-short-but-believable-history-of-the-digital-turn-in-architecture/> (Consultado 30.05.2024)

La comunicación entre seres vivos lleva intrínseca una serie de protocolos que en muchos casos responden a la tradición y cultura del lenguaje. Los seres humanos no solo aplicamos unos lenguajes para comunicarnos entre nosotros, si no que este mismo lenguaje es el que nos permite pensar y razonar, sin él el cerebro no tendría capacidad alguna de desarrollarse, de aprender.

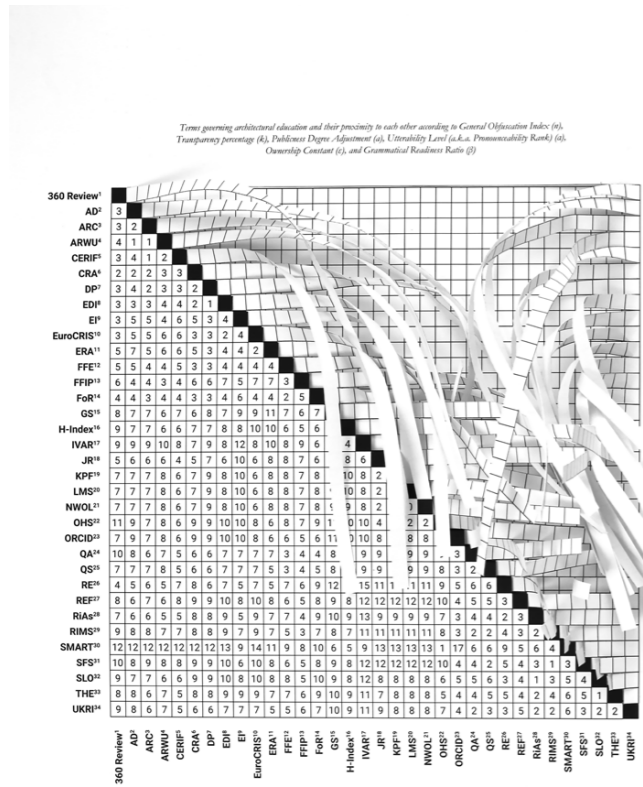
Desde mediados del siglo XX se ha ido desarrollando un nuevo paradigma del lenguaje y por primera vez en la historia, se pretende desarrollar un mecanismo de comunicación con un objeto, con una máquina. Este intercambio de información se realiza a través de las matemáticas, la escritura sigue una serie de preguntas (protocolariamente regladas) que lanza el humano y a través de un dispositivo de entrada, se transforma el texto entendible por el humano al texto entendible por la máquina, 1 y 0.

En el libro "The Alphabeth & the Algorithm" Mario Carpo habla de la revolución que supone la transmisión de modelos arquitectónicos, la digitalización de los modelos permite crear "idénticos"; sin embargo, los diseños asistidos por ordenador (CAD) permiten la generación de series o familias enteras sin los costes añadidos que tendría la producción artesanal, "En lugar de centrarse en una instancia virtual de una serie de muchas, el nuevo paradigma tecnológico se ocupa cada vez más variaciones que pueden diseñarse y fabricarse secuencialmente."

⁶Carpo, M. (2017)

⁷Carpo, M. (2017)

"Sea como fuere, la ciencia experimental moderna se basa en el supuesto de que se pueden predecir acontecimientos que tienden a repetirse con cierta regularidad". Conocer los factores externos e internos que ocurren alrededor de un proyecto arquitectónico (forma, proporción, demanda energética, comportamiento de los ocupantes, etc.) y poder relacionar estos parámetros para conocer cómo se interrelacionan para cada caso nos abre las puertas a trabajar con más precisión y efectividad."



Terms governing architectural education and their proximity to each other according to General Obsession Index (9), Transparency percentage (6), Pathless Degree Adjustment (6), Usability Level (4), Ownership Rank (6), and Commutability Rank (6)

101 General Obsession Index: From the matrix, the most relevant terms are: Architecture, Education, and Usability. The matrix shows a high density of connections between these terms, indicating their central role in the field. The 3D visualization highlights these connections, showing a complex network of relationships. The terms are arranged in a way that suggests a hierarchy or a flow of information, with Architecture and Education at the top and Usability at the bottom. The matrix is a grid of numbers from 1 to 14, with some cells highlighted in black. The grid is overlaid on a 3D wireframe structure that resembles a human torso or a complex architectural form. The numbers are arranged in rows and columns, with some rows and columns being more prominent than others. The overall effect is a dense, multi-layered data structure.

102 Transparency percentage: This metric measures the clarity and openness of the data. A higher percentage indicates that the data is more transparent and easier to understand. The matrix shows a high level of transparency, with many cells containing numbers that are easy to interpret. The 3D visualization highlights these cells, showing a clear and open structure. The terms are arranged in a way that suggests a hierarchy or a flow of information, with Architecture and Education at the top and Usability at the bottom. The matrix is a grid of numbers from 1 to 14, with some cells highlighted in black. The grid is overlaid on a 3D wireframe structure that resembles a human torso or a complex architectural form. The numbers are arranged in rows and columns, with some rows and columns being more prominent than others. The overall effect is a dense, multi-layered data structure.

103 Pathless Degree Adjustment: This metric measures the degree of adjustment needed to reach a goal. A higher degree indicates that the path is more direct and easier to follow. The matrix shows a high degree of adjustment, with many cells containing numbers that are easy to interpret. The 3D visualization highlights these cells, showing a clear and direct path. The terms are arranged in a way that suggests a hierarchy or a flow of information, with Architecture and Education at the top and Usability at the bottom. The matrix is a grid of numbers from 1 to 14, with some cells highlighted in black. The grid is overlaid on a 3D wireframe structure that resembles a human torso or a complex architectural form. The numbers are arranged in rows and columns, with some rows and columns being more prominent than others. The overall effect is a dense, multi-layered data structure.

104 Usability Level: This metric measures the ease of use and accessibility of the data. A higher level indicates that the data is more usable and accessible. The matrix shows a high level of usability, with many cells containing numbers that are easy to interpret. The 3D visualization highlights these cells, showing a clear and accessible structure. The terms are arranged in a way that suggests a hierarchy or a flow of information, with Architecture and Education at the top and Usability at the bottom. The matrix is a grid of numbers from 1 to 14, with some cells highlighted in black. The grid is overlaid on a 3D wireframe structure that resembles a human torso or a complex architectural form. The numbers are arranged in rows and columns, with some rows and columns being more prominent than others. The overall effect is a dense, multi-layered data structure.

105 Ownership Rank: This metric measures the degree of ownership and control over the data. A higher rank indicates that the data is more owned and controlled. The matrix shows a high rank of ownership, with many cells containing numbers that are easy to interpret. The 3D visualization highlights these cells, showing a clear and controlled structure. The terms are arranged in a way that suggests a hierarchy or a flow of information, with Architecture and Education at the top and Usability at the bottom. The matrix is a grid of numbers from 1 to 14, with some cells highlighted in black. The grid is overlaid on a 3D wireframe structure that resembles a human torso or a complex architectural form. The numbers are arranged in rows and columns, with some rows and columns being more prominent than others. The overall effect is a dense, multi-layered data structure.

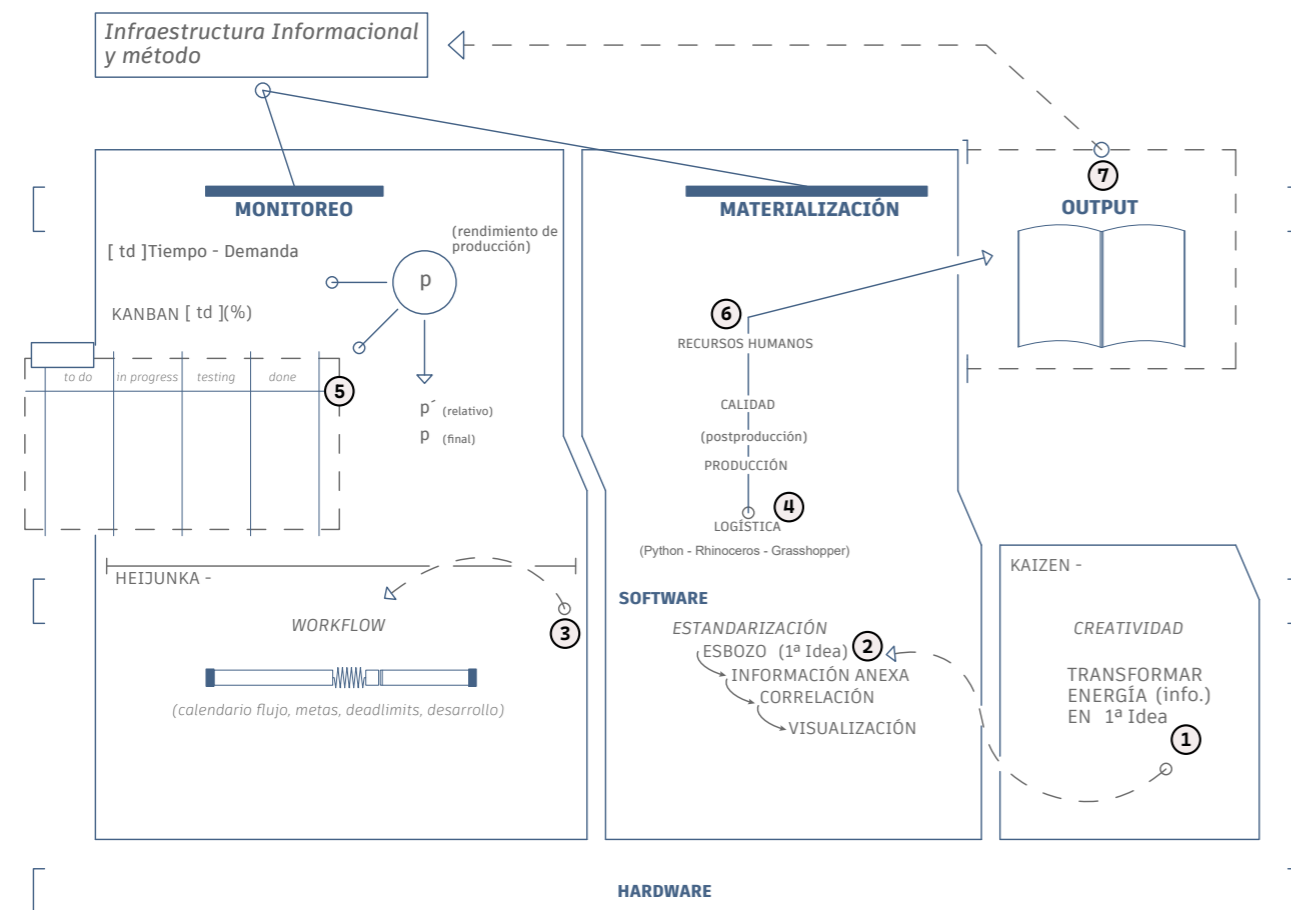
106 Commutability Rank: This metric measures the degree of commutability and interchangeability of the data. A higher rank indicates that the data is more commutable and interchangeable. The matrix shows a high rank of commutability, with many cells containing numbers that are easy to interpret. The 3D visualization highlights these cells, showing a clear and interchangeable structure. The terms are arranged in a way that suggests a hierarchy or a flow of information, with Architecture and Education at the top and Usability at the bottom. The matrix is a grid of numbers from 1 to 14, with some cells highlighted in black. The grid is overlaid on a 3D wireframe structure that resembles a human torso or a complex architectural form. The numbers are arranged in rows and columns, with some rows and columns being more prominent than others. The overall effect is a dense, multi-layered data structure.

107 Architecture: This term is central to the field of architecture and education. It refers to the design and construction of buildings and structures. The matrix shows a high density of connections between this term and other related terms, indicating its central role. The 3D visualization highlights these connections, showing a complex network of relationships. The terms are arranged in a way that suggests a hierarchy or a flow of information, with Architecture at the top and Usability at the bottom. The matrix is a grid of numbers from 1 to 14, with some cells highlighted in black. The grid is overlaid on a 3D wireframe structure that resembles a human torso or a complex architectural form. The numbers are arranged in rows and columns, with some rows and columns being more prominent than others. The overall effect is a dense, multi-layered data structure.

108 Education: This term is central to the field of education and architecture. It refers to the process of learning and teaching. The matrix shows a high density of connections between this term and other related terms, indicating its central role. The 3D visualization highlights these connections, showing a complex network of relationships. The terms are arranged in a way that suggests a hierarchy or a flow of information, with Education at the top and Usability at the bottom. The matrix is a grid of numbers from 1 to 14, with some cells highlighted in black. The grid is overlaid on a 3D wireframe structure that resembles a human torso or a complex architectural form. The numbers are arranged in rows and columns, with some rows and columns being more prominent than others. The overall effect is a dense, multi-layered data structure.

Figure 12: Grau, Urtzi; Hughes, Archesca. (2023) "Cul-de-sac," Fuente: <https://www.e-flux.com/architecture/chronograms/524739/cul-de-sac/> (Consultado 30.05.2024)

1.3 Decisión – Monitorización - Valoración



⁸Toyota Production System

El desarrollo de un trabajo, un proyecto o de una persona, se basa en decisiones tomadas que, con distintos grados de impacto, cambian las cosas con el paso del tiempo. Tanto la acción como la omisión de tomar decisiones actúa conforme a esta ley, conocer con mayor exactitud las decisiones antes o después de ser tomadas nos ayuda a valorar con mayor facilidad lo que se realice.

En 1978, Taiichi Ohno (Subdirector en ese entonces de Toyota Motor Corporation) publica Toyota seisan hoshiki (トヨタ生産方式)⁸, donde desarrolla el modelo que llevó a controlar el funcionamiento de la empresa como nunca antes se había hecho. La intención en el modelo era, tal como el Sr. Ohno dice: “making a factory operate for the company just like the human body operates for an individual”. Y esto se consiguió de una forma que tiene valor debido a que sus sistemas se basan en realizar un seguimiento constante.

⁹Pons, J.F. (2019)

El libro “Lean Construction y la planificación colaborativa” (J.F. Pons; et al.) realiza una labor de extrapolación de los sistemas de Toyota al AIC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción), donde las fases que compone un proyecto de construcción se tabulan y ordenan cronológicamente, es así como se organiza el flujo de valor, “aprender a ver el conjunto de procesos que forma cada una de estas secuencias” nos permite buscar espacios o buffers que no añaden valor, y por tanto ser sujetos para mejorar.

Figura 13: Sistema de producción Lean, elaboración propia adaptado de "Toyota Production System", Lean Enterprise Institute. Fuente: <https://www.lean.org/lexicon-terms/toyota-production-system/> (Consultado 30-05-2024)

¹⁰Arayici, Yusuf. (2015)

¹¹Arayici, Yusuf. (2015)

Time of Delivery 10:30	Storage Area A 1-1	Toyota Motors Headquarters
Ohashi Iron Works Store Shelf no. 1 - BOTTOM	Item No. 53018-60011	Identification Assembly No. 2
	Item Name RÖD 3/TANY RADIATOR PRESS LH	Used in FJ Car Type (2)
	21	Box Type SPECIAL
	Parts-ordering Kanban	Box Capacity 30
		50

Figura 14: Ohno, Taiichi. (1978) Toyota Production System. Ejemplo de una hoja Kanban

El diseño tiene, tras el desarrollo tecnológico exponencial, que aceptar la actuación de metodologías como el *Building Information Modeling*, como una oportunidad de comunicar con mayor facilidad a los integrantes que participan en la resolución material del proyecto, Carpinterías, Instalaciones, Estructura, “El proceso de diseño es por naturaleza ilusorio e iterativo dentro de la misma disciplina y entre las diferentes disciplinas AEC. Durante el desarrollo del diseño, pueden surgir varios problemas relacionados con la adquisición y gestión de datos, además de la colaboración multi e interdisciplinaria”.

Facilitar la información no solo supone una manera de dibujar o modelar siguiendo un mismo modelo interconectado, sino además conocer de las decisiones en el diseño que implicarán retos a la hora de ejecutar, estudiarlos a fondo y ejecutar de manera limpia y precisa.

“Tradicionalmente, las empresas constructoras no han percibido plenamente la importancia de incrementar el dinamismo y la complejidad de su entorno externo”. Esto podría atribuirse a la naturaleza especial y complicada de la industria y también podría deberse a la falta de un pensamiento estratégico cooperativo a largo plazo.” Se trata de apoyar la capacidad de retención humana con los sistemas de recogida, tratamiento de la información, cálculo y visualización digital.



Figura 15: Pons, Juan Felipe; Rubio, Iván. (2019). Lean Construction y la planificación colaborativa. Fuente: <https://www.cgate.es/pdf/LEAN%20CONSTRUCTION%20PDF%20Web.pdf> (Consultado: 25.05.2024).

12Pons, J.F. (2019)

1.4

Construcción Lean, la adaptación de un modelo

El *Lean Construction* es una metodología de gestión que busca maximizar el valor y minimizar el desperdicio en los proyectos de construcción. Se basa en fundamentos de eficiencia, colaboración y mejora continua para lograr resultados óptimos.

Inicialmente fue desarrollado en los años 70 por empresas Japonesas de producción automovilística, con la finalidad de soslayar las problemáticas derivadas de una producción masiva. Las empresas de esta índole tenían ecosistemas de producción en cadena muy desarrollados pero sufrían mucho cuando el mercado tenía caídas de consumo, dado que no eran capaces de reducir la producción al ritmo que la economía desaceleraba. Es por ello que empresas como *Toyota Motor Corporation* luchó por implantar un sistema donde se pudiera producir únicamente en las cantidades necesarias que requiriese el mercado.

La metodología se centra en identificar y eliminar actividades que no aportan valor, focaliza los procesos de trabajo el interés en fomentar la comunicación y la colaboración entre todos los miembros del equipo. "Para identificar y eliminar todas estas ineficiencias, el primer paso es reconocer que existen y que el sistema tradicional de planificación tiene un amplio margen para mejorar la forma en que se gestionan estas secuencias de trabajo en la construcción; y el segundo paso es aprender a ver el conjunto de procesos que forman cada una de estas secuencias como flujos de valor."

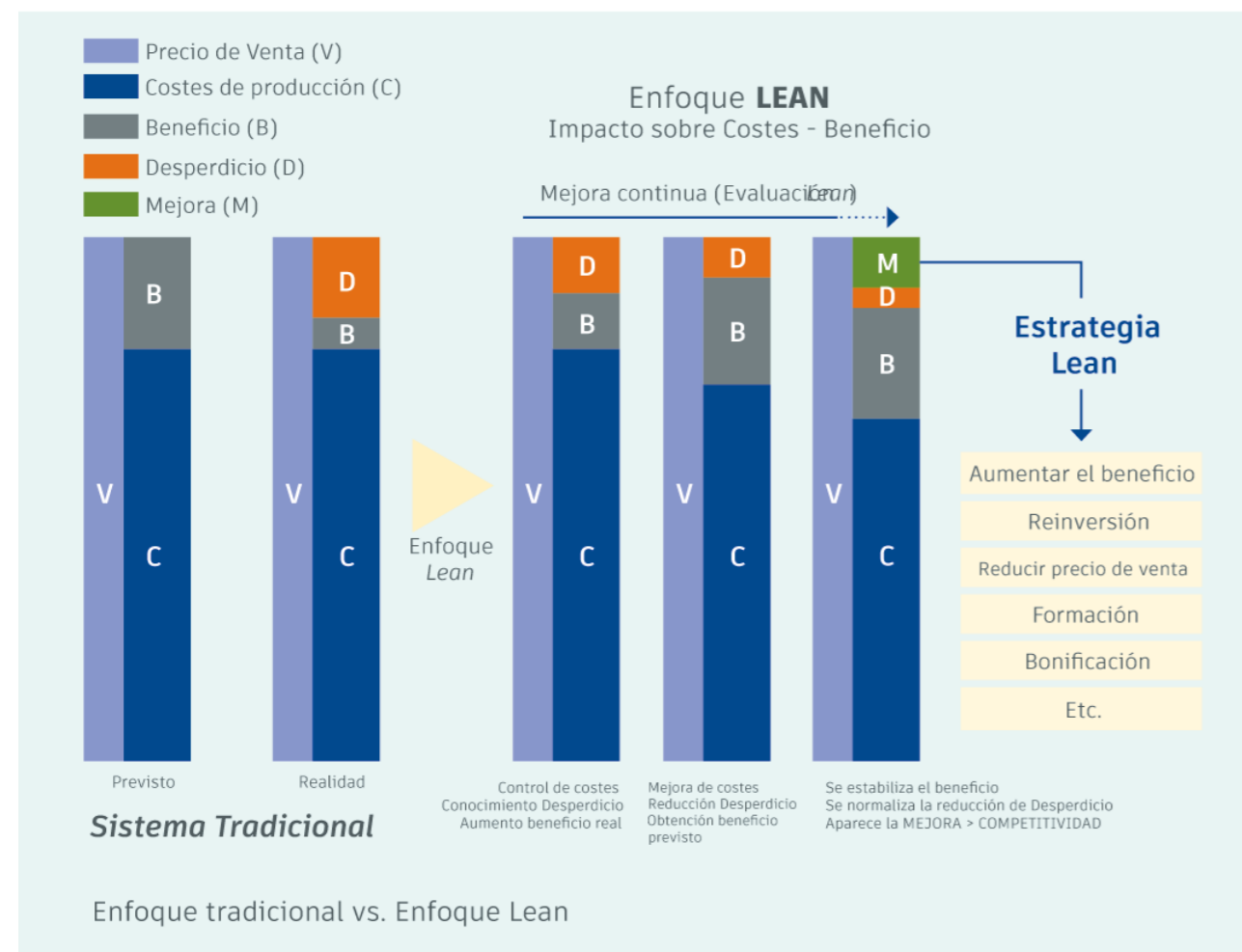
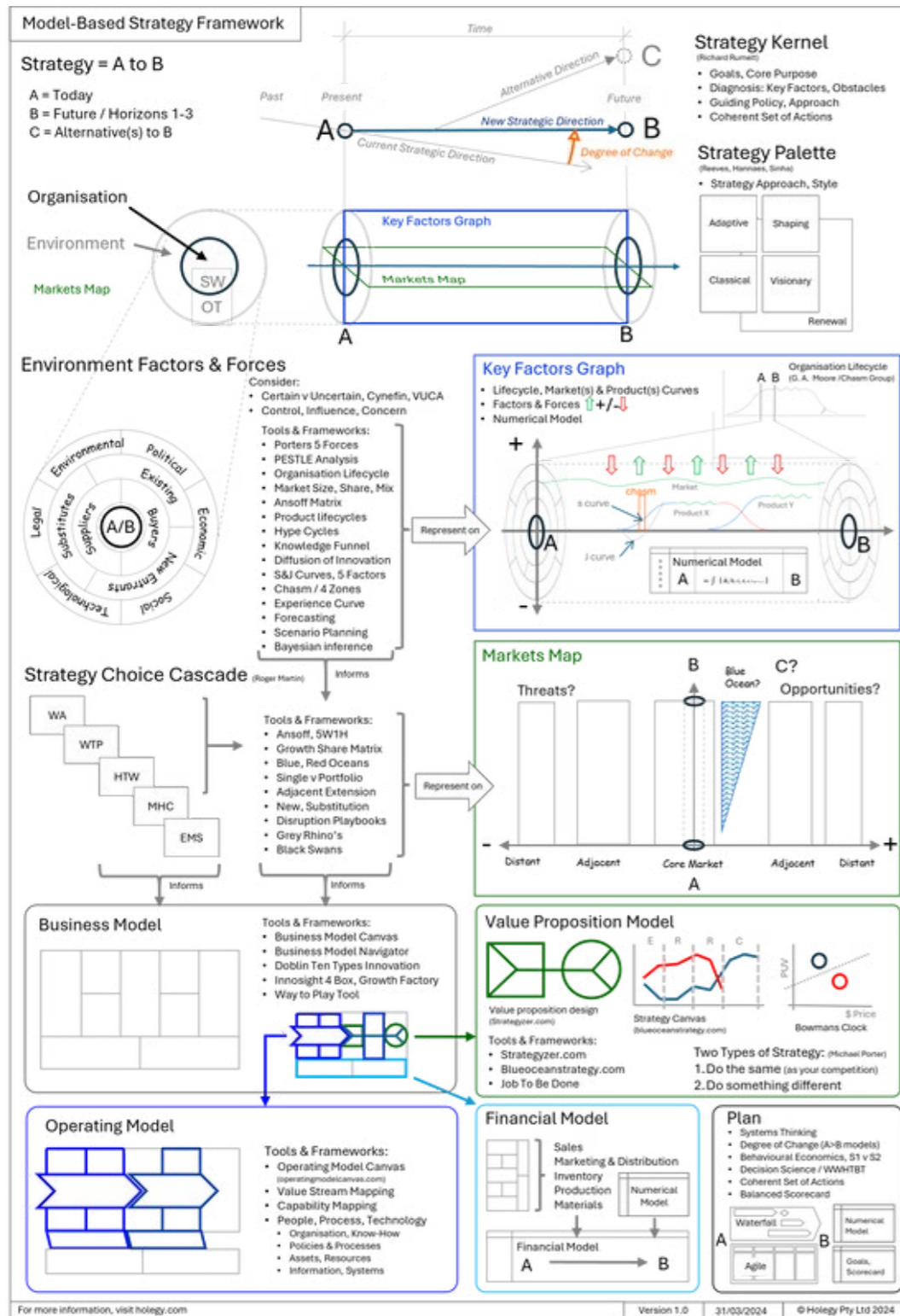


Figura 16: Pons, Juan Felipe; Rubio, Iván. (2014). Introducción a Lean Construction. Fuente: <https://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction-1.pdf> (Consultado: 30.05.2024).

Gracias a ello se pudo elaborar esta filosofía para otras industrias, como la construcción, basándose en un conjunto de principios comunes:

- La edificación o infraestructura y su entrega son diseñados juntos para mostrar y apoyar mejor los propósitos de los clientes.
- El trabajo se estructura en todo el proceso para maximizar el valor y reducir los desperdicios a nivel de ejecución de los proyectos.
- Los esfuerzos para gestionar y mejorar el rendimiento están destinados a mejorar el rendimiento total del proyecto, ya que esto es más importante que la reducción de los costes o el aumento de la velocidad de ninguna actividad aislada.
- El Control se replantea como pasar de “monitorizar los resultados” a “hacer que las cosas sucedan”. Los rendimientos de los sistemas de planificación y control se miden y se mejoran.
- La notificación fiable del trabajo entre especialistas en diseño, suministro y montaje o ejecución asegura que se entregue valor al cliente y se reduzcan los desperdicios. *Lean Construction* es especialmente útil en proyectos complejos, inciertos y de alta velocidad. Se cuestiona la creencia de que siempre debe haber una relación entre el tiempo, el coste y la calidad (mayor calidad y mayor velocidad no tiene porqué implicar mayor coste)”.



13 Last Planner System

Uno de los elementos más importantes y al mismo tiempo más diferenciadores respecto a la ejecución de un proyecto tradicional se refiere a la estructura y definición de fases¹³ de un proyecto Lean, la relación entre estas y los integrantes de cada una:

a. Fase de definición del proyecto: El equipo de diseño determina junto con el propietario el coste permitido_ para el proyecto, el equipo establece sus costes teóricos y entre ambos se encuentra el coste esperado. En esta fase se incluyen propuestas y valores del cliente y las partes interesadas, con la finalidad de alinear conceptos y criterios para la siguiente fase.

b. Fase de diseño Lean: Se elaboran las distintas alternativas basadas en los requisitos de diseño, limitaciones y coste objetivo. La idea es abordar las contingencias movidas por el diseño para minimizar estos posibles rozamientos en el futuro. Durante esta fase se completa el Plan Maestro_ y diseño de procesos.

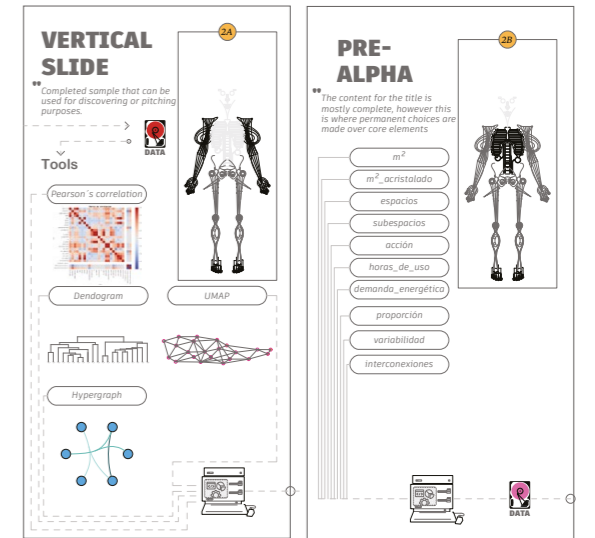
c. Fase de suministro Lean: Consiste en la planificación e ingeniería de la cadena de suministro para entregar sólo lo necesario, puntualmente en el tiempo requerido. En esta fase articula su logística en torno a la planificación *Pull* y las decisiones se adaptarán en torno a los plazos de entrega.

d. Fase de montaje o ejecución: Se inicia una vez obtenida toda a información previa junto con materiales, mano de obra, herramientas y componentes necesarios, acaba con la finalización de las instalaciones y la puesta en marcha del edificio.

e. Fase de uso y mantenimiento: La fase concluye con el cierre de obra, retoques definitivos, explotación y mantenimiento del edificio.

La implementación de un ecosistema Lean permite generar un entorno monitorizado, cada una de las fases que se planean tienen una serie de sistemas que permiten evaluar la eficacia, también existen procedimientos para conocer con mayor contexto problemáticas que ocurran en la obra.

Figura 17: Holegy Frameworks (s.f.). Model Based Strategy Framework. Fuente: <https://www.holegy.com/frameworks.html> (Consultado: 30.05.2024).



DE LA INFRAESTRUCTURA AL MÉTODO

02

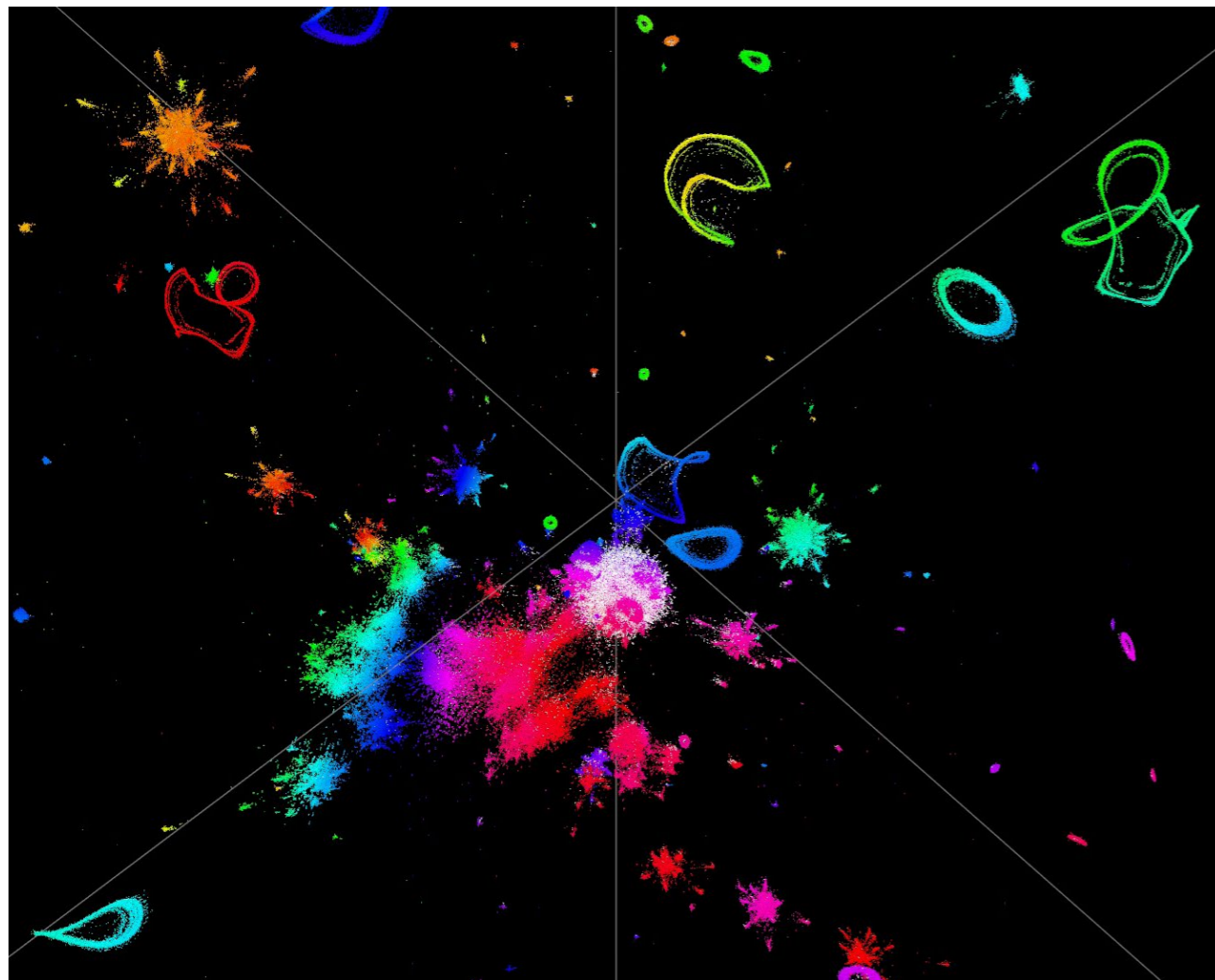


Figura 18: Petrov, Stanislav (2024) 3D Number Renderer with UMAP.
Fuente. <https://github.com/StaniislavPetrovV/3D-Number-Renderer-with-UMAP/blob/main/screenshot/0.jpg>

¹⁴Cisco Annual Internet Report 2018-2023, (2023)

2.1 Big Data, reducción dimensional, nuevas herramientas para el análisis arquitectónico.

El *Big Data* surge como una respuesta a la revolución tecnológica de la información. Las 3 V's_ que Doug Laney (Volumen, Variedad, Velocidad) ahora han evolucionado como las 7 V's del Big Data, añadiendo en su magnitud características no solo cuantitativas si no también cualitativas. En 2023, el 71% de la población humana cuenta con conexión a Internet (5.7 billones de personas), 3,6 es el número de dispositivos con conexión a red per cápita, esto implica que la cantidad ya no solo de conexiones si no también de generación de contenido en la actualidad es tan elevada que redes sociales de contenido masivo como *TikTok* ha alcanzado la capacidad del *scrolling* infinito, es decir, se genera contenido más deprisa de lo que se es capaz de consumir.

Las redes sociales asientan un nuevo paradigma que se propaga e inunda todas aquellas partes que exista una conexión virtual, correos electrónicos, imágenes o programas de diseño arquitectónico son espacios donde la comunicación entre las partes es fundamental, (redactor - lector, imagen - visualizador) pero lo que resulta de esto es la capacidad de registrar toda la información, categorizarla e interpretarla en unas magnitudes no asimilables por un cerebro humano en plazos de tiempo instantáneos.

Esto permite para la arquitectura poder desgranar proyectos, plantas, alzados o secciones recogiendo cada una de sus partes (m^2 , proporción, m^2 acristalados e interconexiones entre usos) y analizar las distintas correlaciones_ que existen en el diseño mediante herramientas de visualización de gran cantidad de datos (reducción dimensional). No solo extraer información de un proyecto, sino también recoger esa información para futuros análisis.

El acceso al mundo digital es exponencialmente creciente y sus capacidades son potencialmente más elevadas de lo que son a día de hoy, ello implica que el avance es por el momento mucho más elevado que el descubrimiento de todas sus capacidades.

ECOSISTEMA

PROCESO DE PRODUCCIÓN

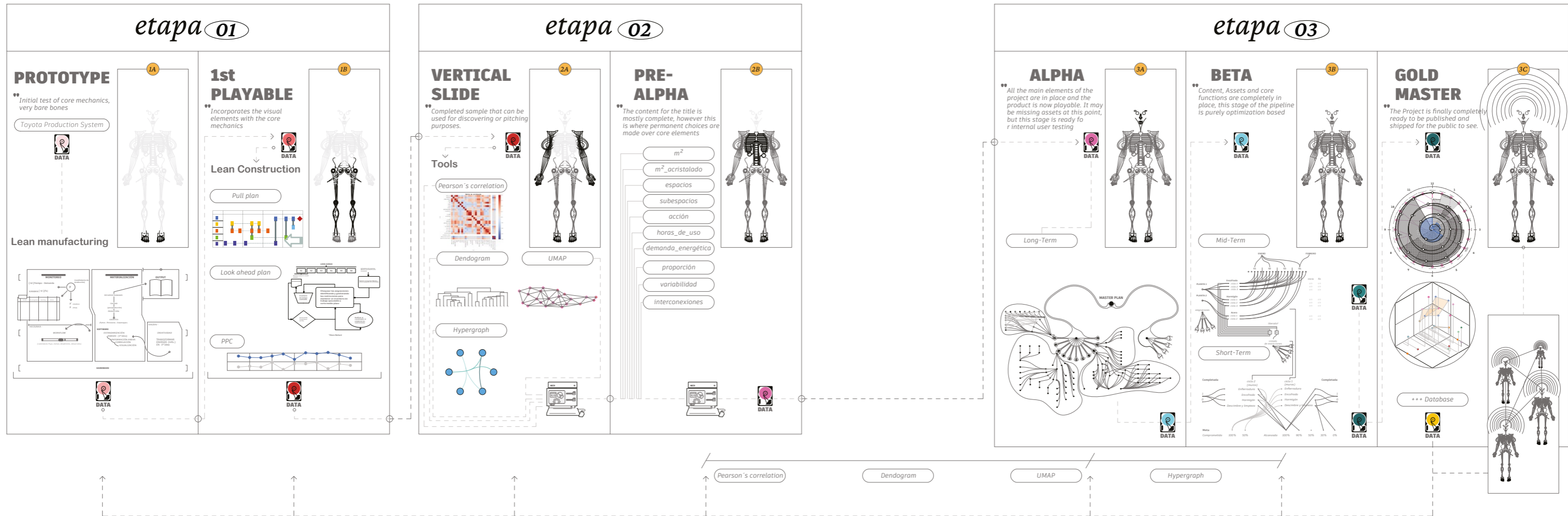


Figura 19: Ecosistema por etapas, siguiendo la nomenclatura de los procesos de producción de un videojuego. Elaboración propia

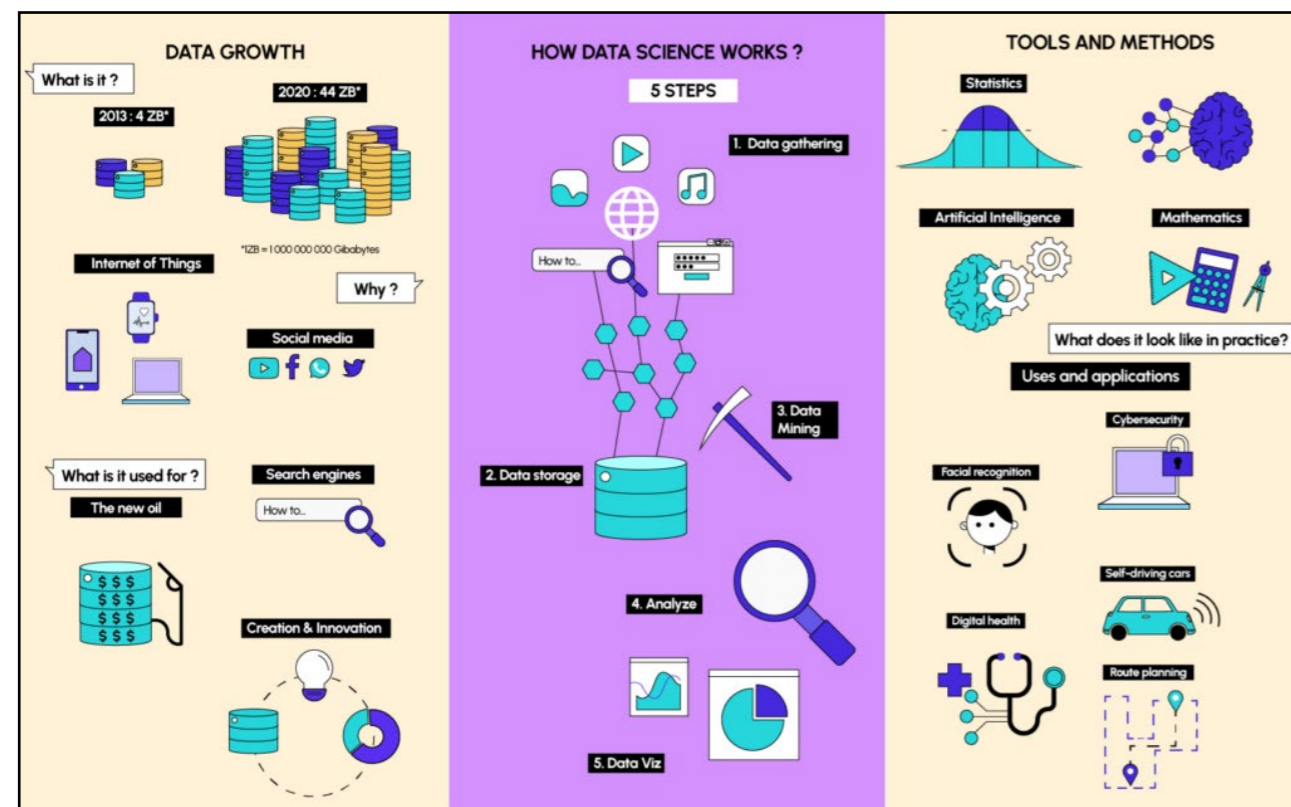


Figura 20: DataScientest. (2018). Data Science : Definition, Challenges and Use cases <https://datascientest.com/en/data-science-definition>

###

Herramientas de análisis
Ciencia de datos

¹⁵Zabala-Vargas. (2023)

Los mecanismos que permiten generar métodos de visualización e interpretación de la información se conocen como *Data Science*, según Zábala-Vargas se entiende como la disciplina responsable de extraer información valiosa de grandes conjuntos de datos, el uso de estadísticas y algoritmos automáticos es un aspecto esencial y los objetivos científicos incluyen identificar tendencias y segmentaciones, caracterizar y perfilar a las partes interesadas, y facilitar la gestión de riesgos.

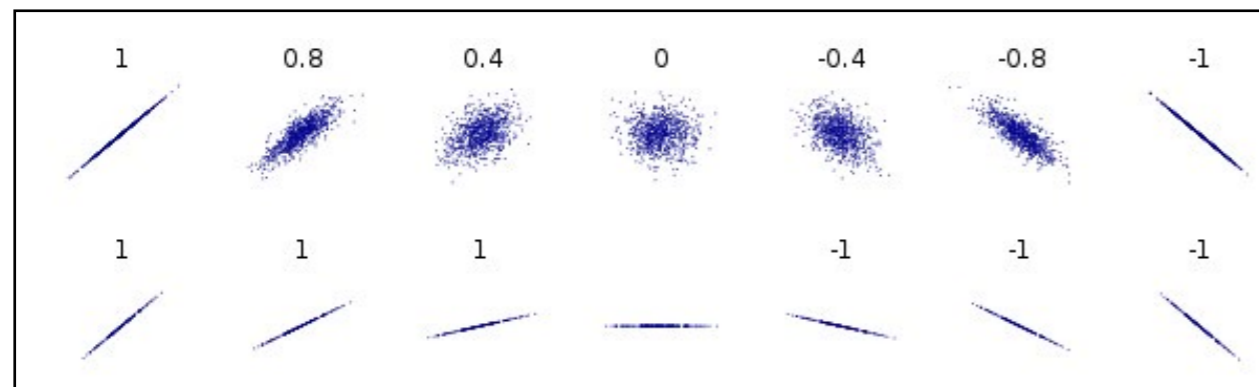
Se presenta entonces la Ciencia de Datos como la herramienta (el método) que estructura la marea masiva de información conocida como macrodatos (la infraestructura), de este modo la arquitectura carga consigo una gran cantidad de datos, establecer sistemas que permitan su lectura permite conocer las interrelaciones, más o menos visibles, que existen entre elementos.

¹⁷ Rama de las matemáticas que trata especialmente de la continuidad y de otros conceptos más generales originados de ella, como las propiedades de las figuras con independencia de su tamaño o forma.

¹⁶ Valor que indica la fuerza y la dirección de una relación lineal y la proporcionalidad entre dos variables estadísticas.

En esta investigación se emplearán un conjunto de herramientas para entender y registrar la arquitectura, tanto en análisis como en ejecución. Sin ser una avalancha de herramientas disponibles se ha optado por acotar en base al desarrollo en el que se encuentre el proyecto, la fase *prealpha* (donde se buscará casos de estudio similares que sirvan de referencia a la hora de idear) abarca sistemas de análisis por correlación¹⁶ y reducción dimensional por topología¹⁷, es decir, se ha optado por desarrollar la fase *prealpha* en torno a herramientas que permitan registrar, a partir de una serie de variables (m², m² acristalados, proporción, interconexión de usos, etc.). Las relaciones en las que pueda existir una relación proporcional o por similitud. La existencia de una relación de los m² en relación a la variabilidad de usos de un espacio, la dependencia, o no, que pueda haber entre espacios servidores y espacios servidos, la relación entre forma y usos determinados en una vivienda, entre otros. En conjunto, la intención es descomponer las decisiones que se hayan tomado para un caso concreto y de este modo visualizar de manera numérica, y por tanto fácilmente registrable, los metadatos que posee dicha vivienda.

Nota Fig. 19: Las fases alpha y beta abarcarán toda la metodología referente a la planificación, ejecución y monitorización del proyecto una vez ya desarrollado. Se empleará el registro mediante hipergrafos, sistema que se detallará más adelante



PROCESO DE CÁLCULO CORRELATIVO casos de correlación x-r vs causalidad

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

Figura 21: Wikipedia. Several sets of (x, y) points, with the Pearson correlation coefficient of x and y for each set. Fuente: <https://en.wikipedia.org/wiki/Correlation>

###

Herramientas de análisis
Correlación

¹⁸ Coeficiente de correlación de Pearson. Fuente: Wikipedia

¹⁹ "Cum hoc ergo propter hoc" o falacia de la causalidad. Ocurre cuando dos o más eventos están conectados causalmente porque se dan juntos. "Correlación no implica causalidad".

En estadística, el coeficiente de correlación de Pearson es una medida de dependencia lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. El coeficiente se obtiene a partir de 2 variables independientes (que serán nuestros parámetros, m2_acristalados con usos, proporción con variabilidad, por ejemplo) los datos son proporcionados por las variables dependientes, que son aquellas que aportan los datos pormenorizados, a partir de la fórmula matemática se obtiene una razón "r" de 0 a 1. A continuación se detallan los posibles casos que pueden darse según los valores que de "r"¹⁹:

- Si r=1, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.

- Si 0<r<1 entonces existe una correlación positiva.

- Si r=0 entonces no existe relación lineal pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.

- Si -1<r<0 existe una correlación negativa.

- Si r=-1, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación opuesta: cuando una de ellas aumenta, la otra cambia su signo en proporción constante.

¿CÓMO FUNCIONA UMAP?

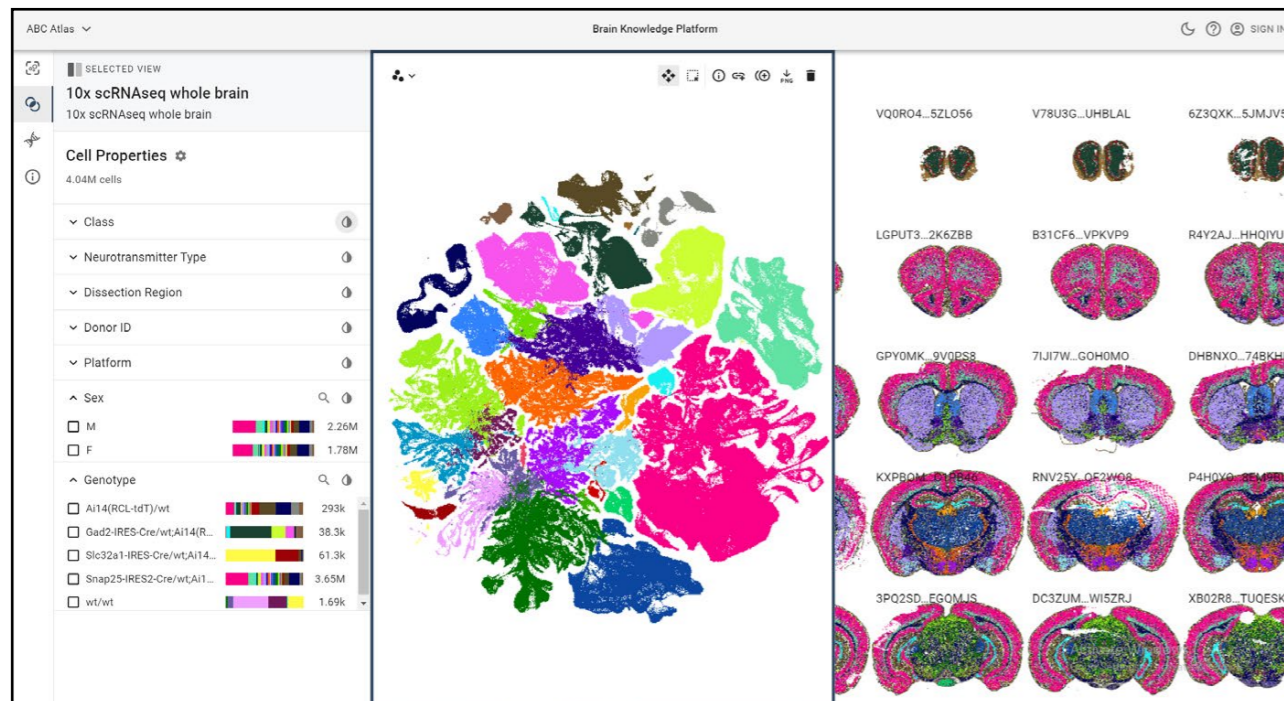
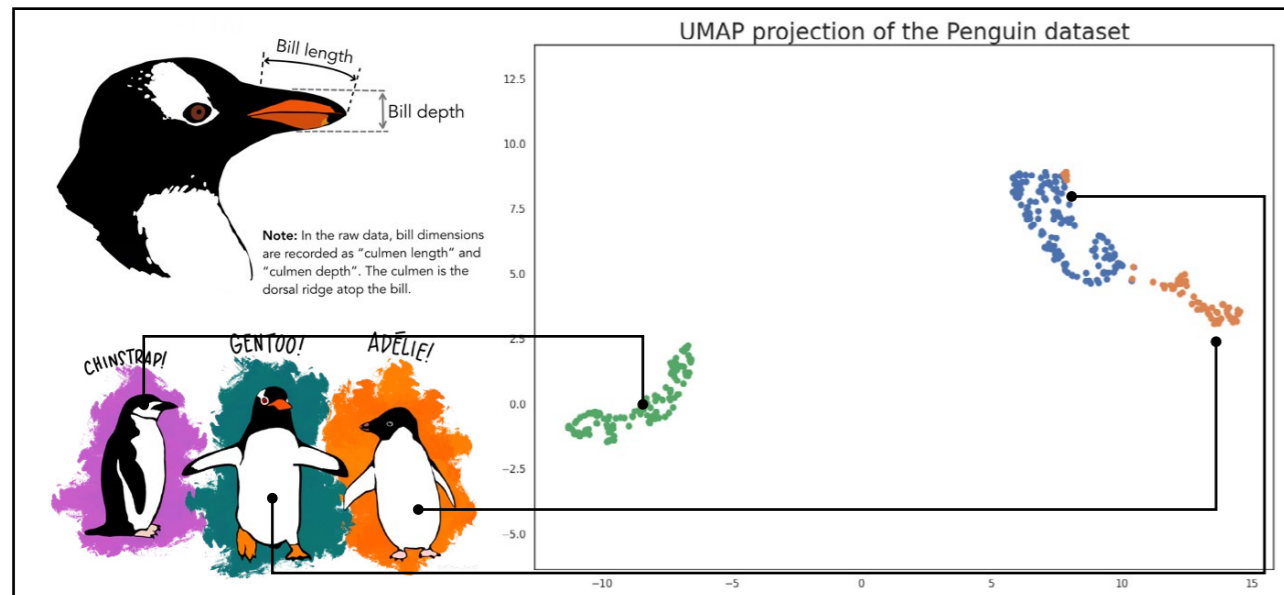


Figura 22 (superior): How to use UMAP. (s.f.). https://umap-learn.readthedocs.io/en/latest/basic_usage.html

Figura 23 (inferior): Casimo, Kaitlyn. (s.f.) <https://knowledge.brain-map.org>

Herramientas de análisis
Uniform, Manifold, Approximation & Projection

²⁰ Bilal, M, Oyedele, et al. (2016)

"Aunque la industria de la construcción genera cantidades masivas de datos a lo largo del ciclo de vida de un edificio, la adopción de la tecnología Big Data en este sector va por detrás de los avances realizados en otros campos con la estandarización de la tecnología necesaria para almacenar, computar, procesar, analizar y visualizar Big Data".

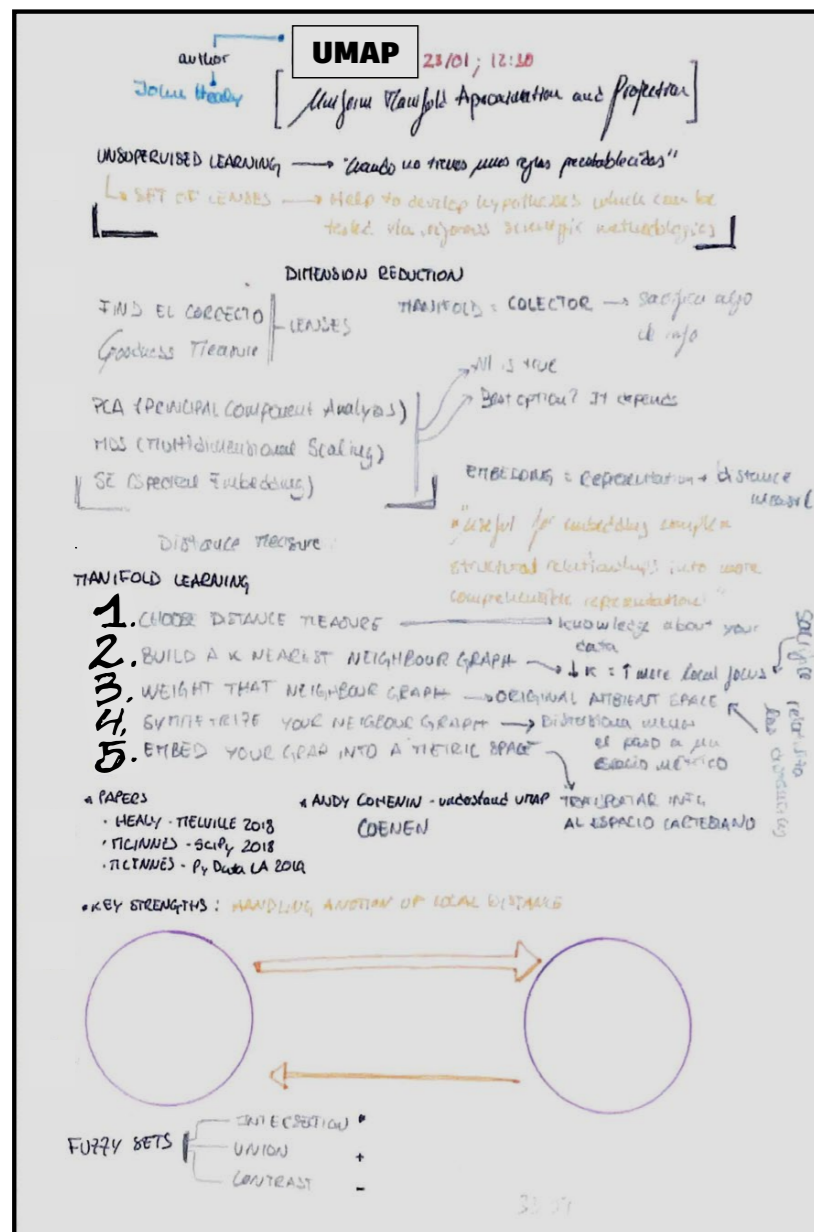
²¹ Macho Stadler. M (2002)

Para poder generar un ecosistema donde los datos se puedan analizar en cantidades muy elevadas es necesario en primera instancia poder registrar estos datos y una vez almacenados poder establecer criterios de análisis. La topología sirve de punto de partida para esta investigación, siguiendo las directrices del sistema pull, se pretende trabajar en base a un resultado deseable, que en este caso sería la visualización de gran cantidad de datos. Como explicaba la profesora M.Macho Stadler "la topología se ocupa de aquellas propiedades de las figuras que permanecen invariantes, (...) la transformación permitida presupone, en otras palabras, que hay una correspondencia biunívoca entre los puntos de la figura original y los de la transformada, y que la deformación hace corresponder puntos próximos a puntos próximos". Esto permite crear un plano virtual donde la proximidad de los datos determina la similitud entre estos.

Siguiendo esta base matemática, la herramienta UMAP facilita la comprensión de grandes bases de datos donde comúnmente estos datos son a partir de bases de datos de biólogos, ingenieros de software o neurocientíficos.

Nota Fig. 22,23: Este tipo de herramientas son útiles en campos como la biología dado que permite categorizar a partir de un registro muy extenso de animales de una misma especie. En función de los datos registrados por cada animal la herramienta generará agrupaciones (clusters) de cada una de las subespecies que existan.

En este trabajo se pretendió, como aportación a este ecosistema de producción antes mencionado, entender el funcionamiento de esta herramienta para aplicarse en casos de análisis para la arquitectura (siendo esta una aplicación pionera) a fin de asentar un precedente en el registro analítico-arquitectónico. Un precedente que, aún siendo a partir de una cantidad de datos escasa, en términos de macrodatos, sirva de base para el entendimiento del Big Data y la arquitectura.



²³IBM, dimensionality reduction (s.f)

²³McInnes, Leland (s.f) Tutte Institute for Mathematics and Computing

²⁴T-Distributed Stochastic Neighbor Embedding, Principal Component Analysis son otros métodos de reducción dimensional

La reducción dimensional es "un método para representar un conjunto de datos determinado utilizando un número menor de características (es decir, dimensiones) y al mismo tiempo capturar las propiedades significativas de los datos originales. Esto equivale a eliminar características irrelevantes o redundantes, o simplemente datos ruidosos, para crear un modelo con una menor número de variables". UMAP no es la única herramienta para trabajar en la reducción dimensional de datos, pero entre las opciones que se presentaban a la hora de elegir entre T-SNE², PCA² o UMAP, esta última presentaba un sistema que permite entender las variaciones que se producen en las visualizaciones al modificar los parámetros.

UMAP opera en torno a un razonamiento espacial, entiende los datos como si se tratara de un entorno urbano, salvando las distancias, el valor de estos parámetros de medida determina si los datos que se introducen necesitan ser tratados de manera más general o, de manera más focal. Al generalizar se observan los datos pero las particularidades (clusters) se difuminan, al focalizar ciertos datos se pierden pero las particularidades se diferencian con mayor facilidad.

Los parámetros fundamentales se organizan del siguiente modo:

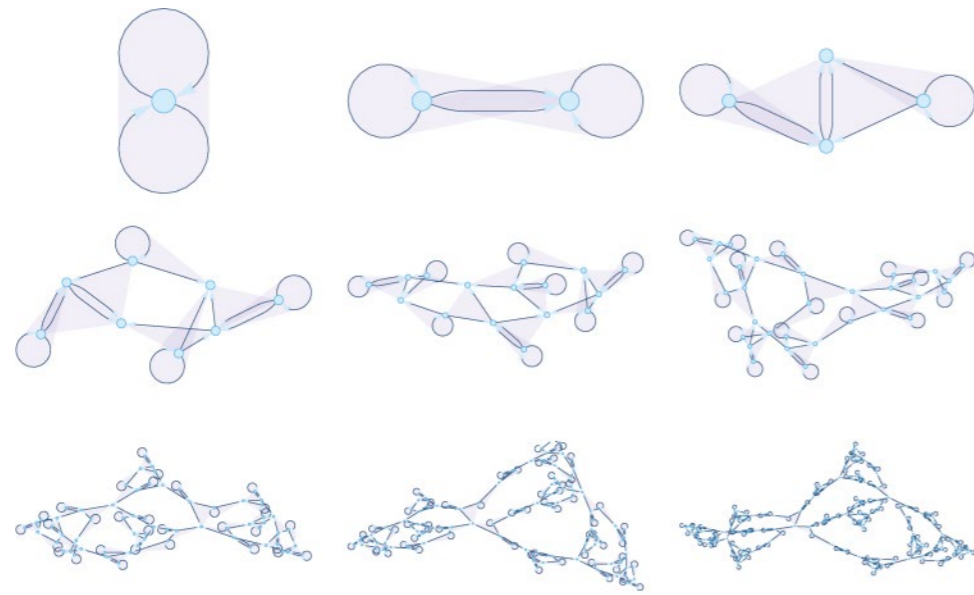
1. **n_neighbors** Equilibra la estructura local respecto a la global, limita el tamaño de los "vecindarios" locales, es decir, cada variable dependiente es un vecino, el conjuntos de vecinos con similitudes (m2, usos, interconexiones de usos) en valor o forma se agrupan entre sí, este parámetro hace que el "vecindario" de datos similares pueda ser mayor o menor.

2. **min_dist** Determina la distancia mínima en la cual los vecinos, que en la visualización cada uno corresponde a un punto, se pueden agrupar. Permite modelar la forma de las agrupaciones.

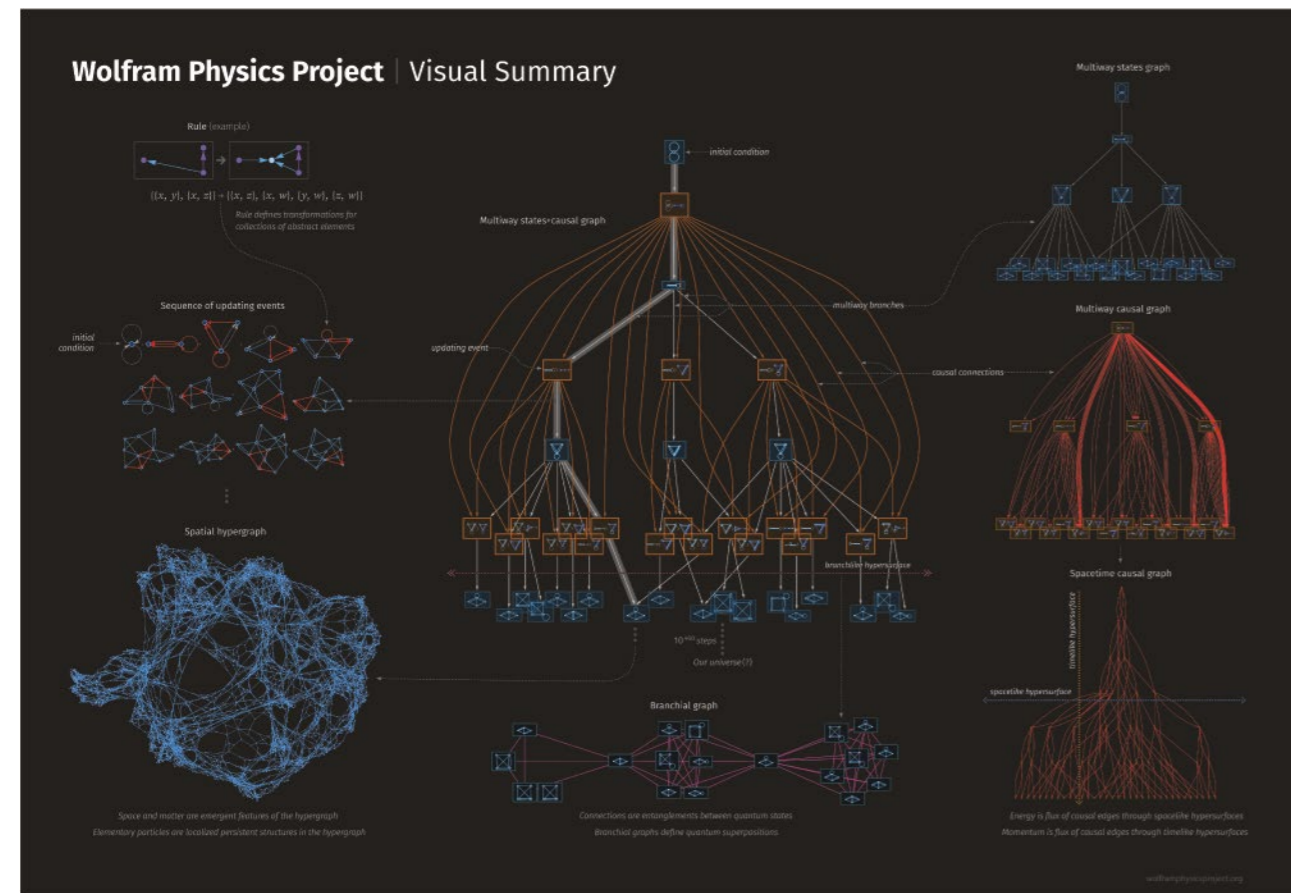
3. **n_components** Determina las dimensiones donde se van a visualizar los datos, las variables x,y,z no corresponden a ejes representativos, es en la distancia entre puntos la que es útil para la interpretación.

4. **metric** Determina las reglas espacio donde se van a calcular los datos, puede ser euclídeo, manhattan, canberra, etc.

Figura 24: BioTuring Webinar: A Practical Guide to UMAP by its author John Healy (2021), anotaciones elaboración propia <https://www.youtube.com/watch?v=YevCnRd61f8&t=963s>



2.2 Hipergrafo, monitorización de un proceso



Uno de los elementos estructurantes de esta investigación, una vez establecidas las herramientas para el preanálisis de la etapa 2, era la búsqueda de un mecanismo capaz de monitorizar la metodología *Lean*, con el objetivo de adaptar sus mecanismos de planificación a una base de datos.

De este modo, toda la información anotada durante la ejecución en la etapa 3 del ecosistema podría convertirse en una base matricial que mostrara las interrelaciones en la obra, el peso de ciertas fases en determinada obra, posibles solapamientos, etc. El posterior análisis también sería posible, la información permanecería acotada y resultaría más sencillo visualizar la raíz de los problemas originados en la obra.

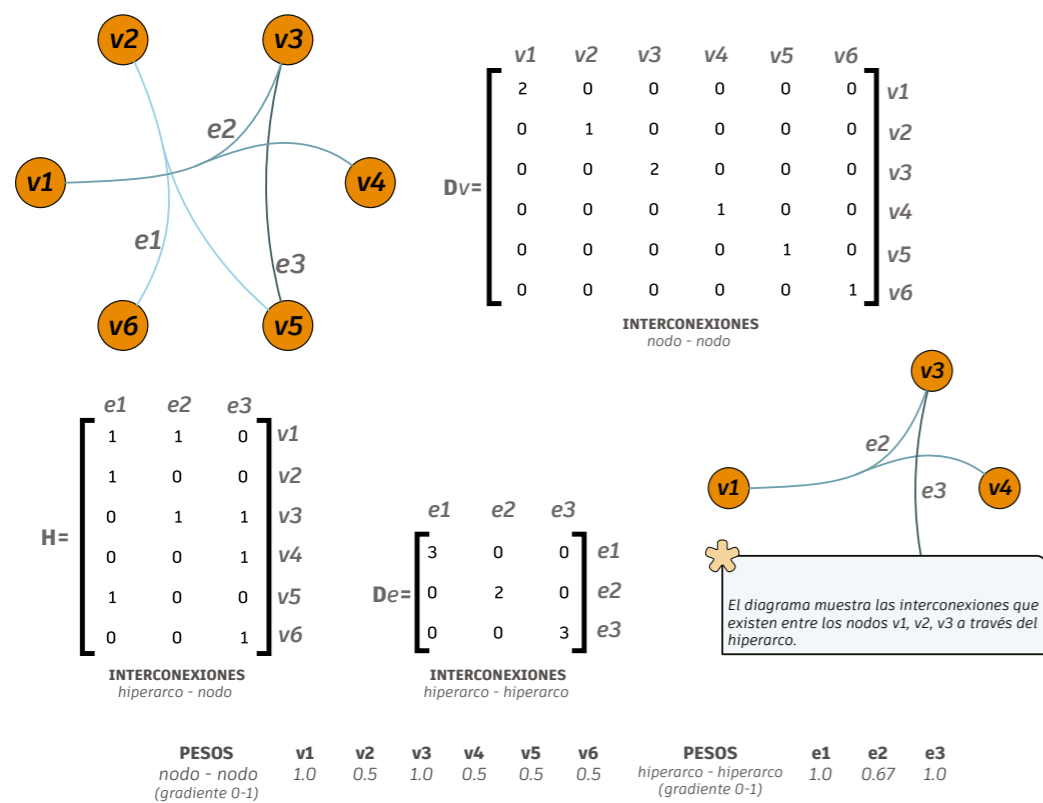
²⁵Yue Gao, (2023)

Un hipergrafo se define como "un par de conjunto de vértices (hypervertex) y conjunto de arcos (hyperedge). El conjunto de vértices (hypervertex) es un conjunto finito, mientras que el hiperarco representa el subconjunto del conjunto de vértices." Podemos decir de manera más informal que un hipergrafo es una representación gráfica de relaciones complejas, cuyos elementos son matricialmente articulables.

²⁶Wolfram Stephen. (2020)

Stephen Wolfram elaboró su proyecto para una teoría fundamental de la física, que permitiera entender el funcionamiento y universo a partir de reglas de propagación con hipergrafos. "Cuando comencé a estudiar el universo computacional de programas simples, hice algo que para mí fue un descubrimiento muy importante: incluso cuando las reglas subyacentes de un sistema son extremadamente simples, el comportamiento del sistema en su conjunto puede ser, esencialmente, arbitrariamente rico y complejo."

Figura 24: Wolfram Stephen. (2020), Wolfram Physics Project. Fuente: <https://www.wolframphysics.org/visual-gallery/downloads?i=visualsummary-dark>



27Yue Gao, (2023)

Los vértices serían en este caso, dependiendo de la escala de análisis (largo, medio o corto plazo), asignaciones de tareas concretas y los hiperarcos las relaciones que mantendrían con otras tareas, materiales o etapas posteriores.

"Primero, mostremos cómo se pueden usar los pesos en los nodos. Diferentes nodos pueden tener diferente importancia en el modelado de hipergráficos, y se utilizan pesos de vértice en un hipergrafo para determinar la importancia de diferentes vértices. Si un vértice está conectado fuertemente en el hipergráfico (con correlaciones altas), debería estar con un peso de vértice grande. De lo contrario, debería tener un peso de vértice pequeño."

Tanto los vértices como los hiperarcos llevarán consigo un peso, este peso cuantificará su importancia respecto de los otros vértices o hiperarcos. Estos pesos pueden estar determinados por las interconexiones que existan en el hipergrafo (como se puede ver en la fig.25) o pueden ir con un peso incorporado en su *metadata*, que a su vez ese peso vendría determinado por fases previas de análisis mediante cálculos por correlación u otros mecanismos que pudieran incorporarse.

El uso de estos pesos en el modelado de hipergrafos presenta una herramienta poderosa para la arquitectura. La asignación de pesos permite cuantificar la importancia relativa de tareas, materiales o etapas en un proyecto arquitectónico.

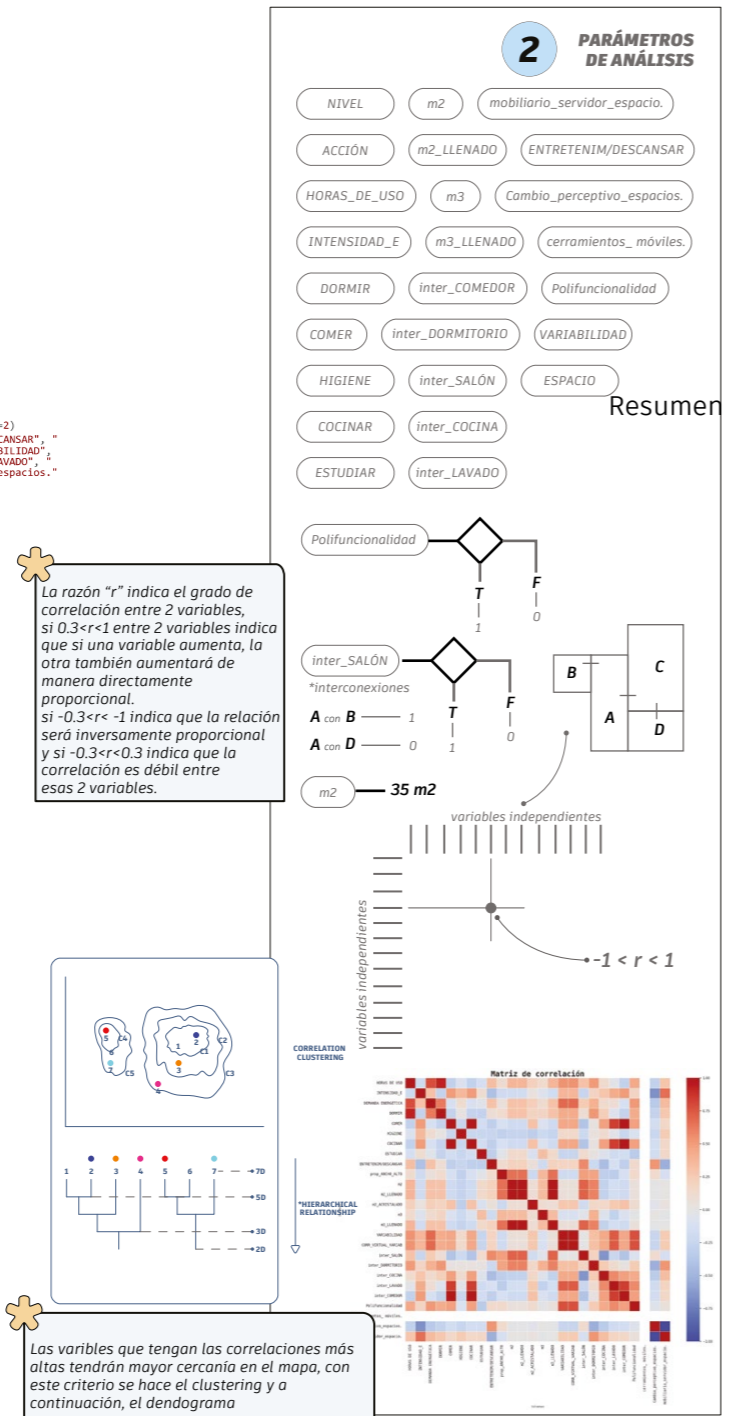
Al identificar nodos con altos pesos, se pueden priorizar determinadas áreas, asegurando que los recursos se asignen de manera efectiva para evitar cuellos de botella y retrasos. Los pesos pueden estar basados en la cantidad de interconexiones (correlaciones altas) o en información adicional incorporada en la *metadata* de cada nodo, derivada de análisis

Figura 25: Dibujo y base matricial de un hipergrafo, elaboración propia.

```

60 import plotly.express as px
61 import umap.umap_ as umap
62 from sklearn.preprocessing import StandardScaler
63 import pandas as pd
64
65 # Cargar y procesar los datos
66 CS = pd.read_csv("../content/drive/MyDrive/ARCHIVOS DE PROGRAMACIÓN/1_GARY
67   CHANG_PULCRO_B4_30.csv")
68 CS = CS.dropna()
69 CS['ESPACIOS'].value_counts()
70
71 # Configurar UMAP
72 reducer = umap.UMAP(n_neighbors=15, min_dist=0.1, metric='euclidean', n_components=2)
73 CS_data = CS[['DORMIR', 'COMER', 'HIGIENE', 'COCINAR', 'ESTUDIAR', 'ENTRETENIM/DESCANSAR',
74   'PROP. ANCHO ALTO', 'm2', 'm2_LLENADO', 'm2_ACRISTALADO', 'm3', 'm3_LLENADO', 'VARIABILIDAD',
75   'CORR_VIRTUAL_VARIAB', 'inter_SALÓN', 'inter_DORMITORIO', 'inter_COCINA', 'inter_LAVADO',
76   'inter_COMEDOR', 'Polifuncionalidad', 'cerramientos_móviles', 'Cambio_perceptivo_espacios',
77   'mobiliario_servidor_espacio', 'Modificación_distribucion_interior']].values
78 scaled_CS_data = StandardScaler().fit_transform(CS_data)
79 embedding = reducer.fit_transform(scaled_CS_data)

```



Resumen

2.3 Data Curator, producción y tratamiento de la información

Resumen

Los macrodatos abren un nuevo horizonte para entender y tomar decisiones con un contexto más detallado; sin embargo, esta marea de información es inherentemente una infraestructura carente de valor si los cauces no están correctamente adecuados y bien delimitados.

²⁸ Gillis, Alexander S.. (s.f.)
Fuente: <https://www.techtarget.com/searchbusinessanalytics/definition/data-mining#:~:text=Data%20mining%20is%20the%20process,make%20more%20>

La minería de datos (*Data Mining*) es "el proceso de clasificar grandes conjuntos de datos para identificar patrones y relaciones que pueden ayudar a resolver problemas comerciales a través del análisis de datos". Hang Yan diferencia nueve áreas de aplicación en la industria de la construcción, estas son: energía, ocupación de edificios y comportamiento de los ocupantes, gestión de costos, desempeño de materiales, gestión de seguridad, descubrimiento de conocimientos en texto (*KDD*), marco establecido, diseño de edificios y otros.

²⁹ Hang Yan (2020)

"El objetivo principal de este proceso es seleccionar técnicas apropiadas basadas en algunos principios imperativos, (...) el análisis, el tipo y cantidad de datos disponibles, la capacidad predictiva y el rendimiento requerido. De acuerdo con estos principios, las diferentes técnicas deben evaluarse y compararse para determinar el mejor modelo antes de someterse a aplicaciones prácticas."

En esta investigación las áreas que serán objeto de análisis son las que componen los casos de estudio del capítulo 4. Estos parámetros buscan minar la información de cada uno de los espacios, la disposición de estos, el acceso o no entre espacios o la acción a efectuar en dicho espacio, estos parámetros se anotan en base a una variable *True*, *False* (es decir, si cumple la condición será *True*, entonces la casilla tendrá un 1, si no, será *False* y tendrá un 0. Un caso muy claro sería el espacio de la cocina, la acción que lleva este espacio será cocinar, entonces en la variable cocinar tendrá un 1, y en otra variable como dormir tendrá un 0). También a cada espacio se le añaden cualidades cuantitativas, m², m² ocupados por mobiliario, m² de acristalamiento, etc.

En la imagen de esta página están todas las variables que se han tenido en cuenta para los casos de estudio, a partir de este minado de los datos se emplea el uso de las herramientas para la visualización previamente mencionadas, dendogramas, correlación de *Pearson*, visualización *UMAP*, de ahí, se extraen luego las conclusiones.

Figura 26: Dibujo y base matricial para la correlación, elaboración propia.



Figura 27: Wolfram, Stephen. (2020) Visualización de un hipergrafo. Consultado 31 de mayo de 2024. <https://www.wolframphysics.org/visual-gallery/downloads?i=0001-dark>

平準化³⁰-**HEIJUNKA, WORKFLOW DE LA INDUSTRIA 4.0**

03

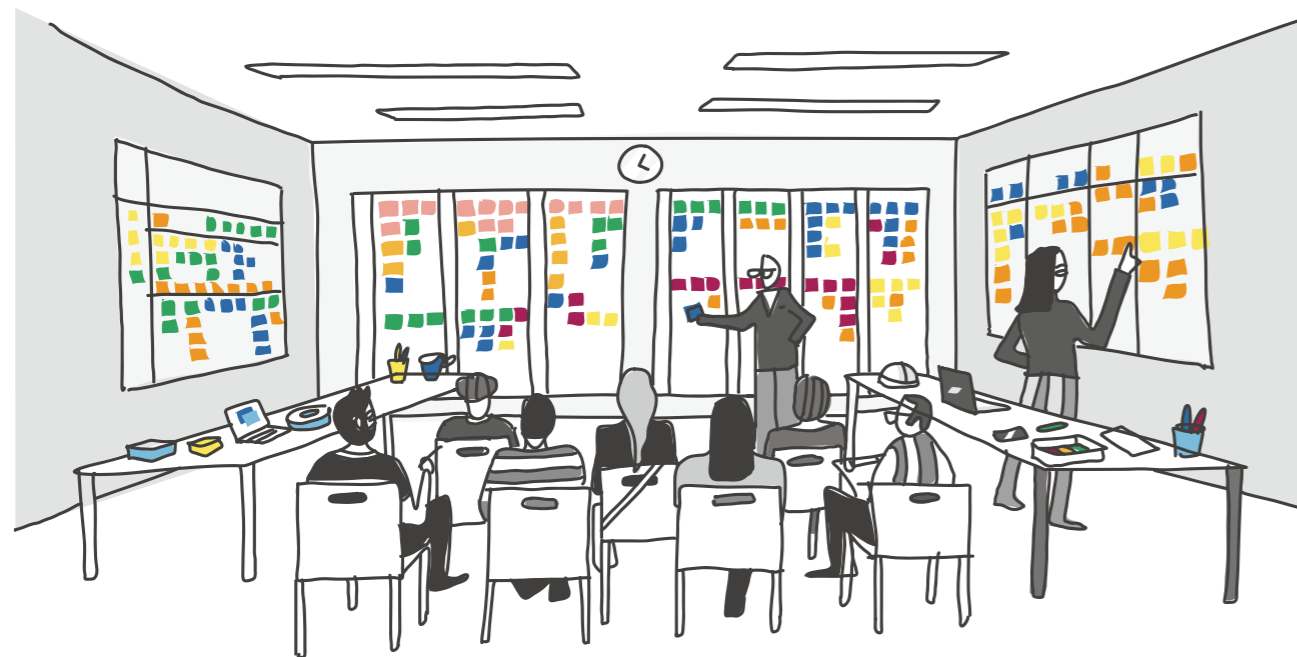
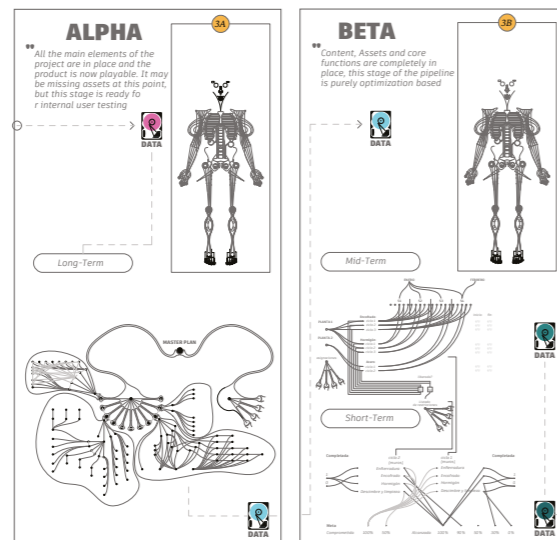


Figura 28 (superior): Fases Alpha y Beta, elaboración propia

Figura 29 (inferior): Pons, Juan Felipe; Rubio, Iván. (2021). Lean Construction, LAS 10 CLAVES DEL ÉXITO PARA SU IMPLANTACIÓN. Fuente: file:///C:/Users/rpere/Desktop/2TFG/_00BFEBRERO/02_11_LEANCONST/LEAN%20CONSTRUCTION%20II.pdf (Consultado: 30.05.2024).

3.1 Construcción Lean a través de Hipergrafos.

³¹Pons, J.F. (2014)

La arquitectura y la construcción, según J. Pons "ha ido a una velocidad más lenta en la adopción de los principios Lean en comparación con otros sectores y es una industria que hoy en día todavía requiere de una fuerza laboral muy intensiva para la mayoría de los procesos, (...) Un aspecto positivo, es que ya partimos de una base científica, así como de un conjunto de herramientas y sistemas de trabajo documentados que han demostrado su eficacia, cosa que no tuvo otros sectores, como el del automóvil, donde su implantación fue más experimental."

³²Gillis, Alexander S.. (s.f.)
Fuente: <https://www.techtarget.com/searchbusinessanalytics/definition/data-mining#:~:text=Data%20mining%20is%20the%20process,make%20more%20>

En esta tercera etapa del ecosistema se pretende adaptar la metodología del Last Planner System®, planteada por J.F. Pons, que a su vez esta es una adaptación de la metodología Lean Construction que, siguiendo la cadena antecesora, es una extrapolación del Toyota Production System planteado por Taiichi Ohno en los años 70.

³⁰ Heijunka [平準化] es una palabra japonesa que se refiere a la nivelación de la producción, destinada a mejorar el flujo de un proceso para ajustarse mejor a la demanda del cliente.

J.F. Pons plantea una subdivisión cronológica de la puesta en obra, donde la escala temporal clasifica los sistemas de análisis. Siguiendo con el procedimiento desarrollado durante este trabajo, las fases Alpha y Beta son el desarrollo del hipergrafo como herramienta de planificación constructiva. El Pull planning para el Largo Plazo, el Look Ahead para el Medio y el PPC para el Corto se adaptarán al grafismo de vértices e hiperarcos de tal modo que la planificación Lean podrá migrarse a una base matricial cuantificable y acumulable a fin de ampliar la base de datos para futuras obras.

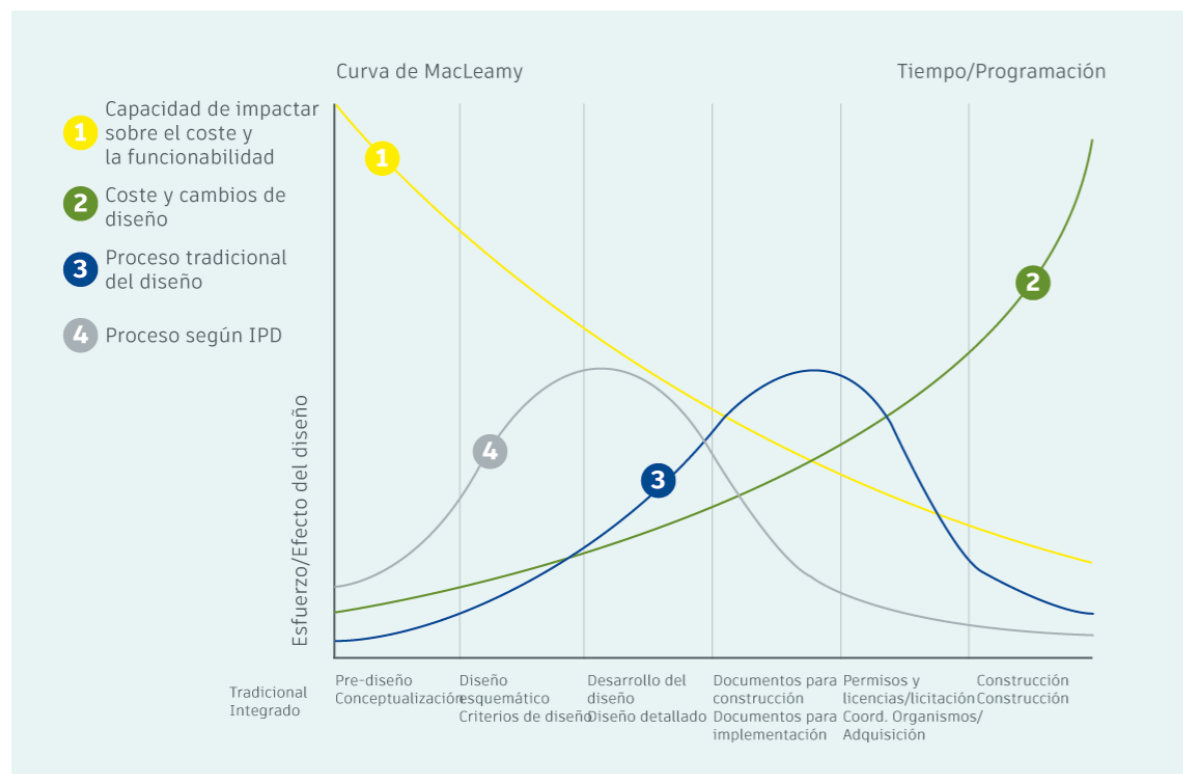


Figura 30: Pons, Juan Felipe; Rubio, Iván. (2014). Introducción a Lean Construction. Fuente: file:///C:/Users/rpere/Desktop/2TFG/_00BFEBRERO/02_11_LEANCONST/Introduccion-al-Lean-Construction-1.pdf

3.2

Metodología.

###

Metodología Lean Construction:

Enfoque en el Largo Plazo

³³ Debe-Puede-Se hará son las tres etapas de la metodología Last Planner System y corresponden a la planificación Largo-Medio-Corto plazo

En esta etapa se planifica lo que es el "debe"³³, con los diferentes sucesos que deben ocurrir en el desarrollo del proyecto, este se subdivide en:

- Planificación maestra -

Se busca conocer el alcance y las expectativas del proyecto, los hitos y los diferentes integrantes que participarán en el proyecto, junto con sus correspondientes subdivisiones. El objetivo principal es conocer los bloques generales que compondrá el proyecto para poder realizar un correcto seguimiento sobre cómo evolucionan cada uno de estos bloques.

³⁴Last Planner System

Se busca una conocer la estructura general que aporte al equipo de obra una visión común de objetivos y entregables del proyecto. Es importante identificar estos integrantes para considerar las variables (LPS)³⁴ que vayan a ser relevantes a tener en cuenta para caso, estas variables son:

Nota Fig. 30:
IPD - Integrated Project Delivery;
Métodos de contratación colaborativa

- Áreas de proyecto
- Utilización de los recursos
- Hitos del proyecto
- Identificación de riesgos.

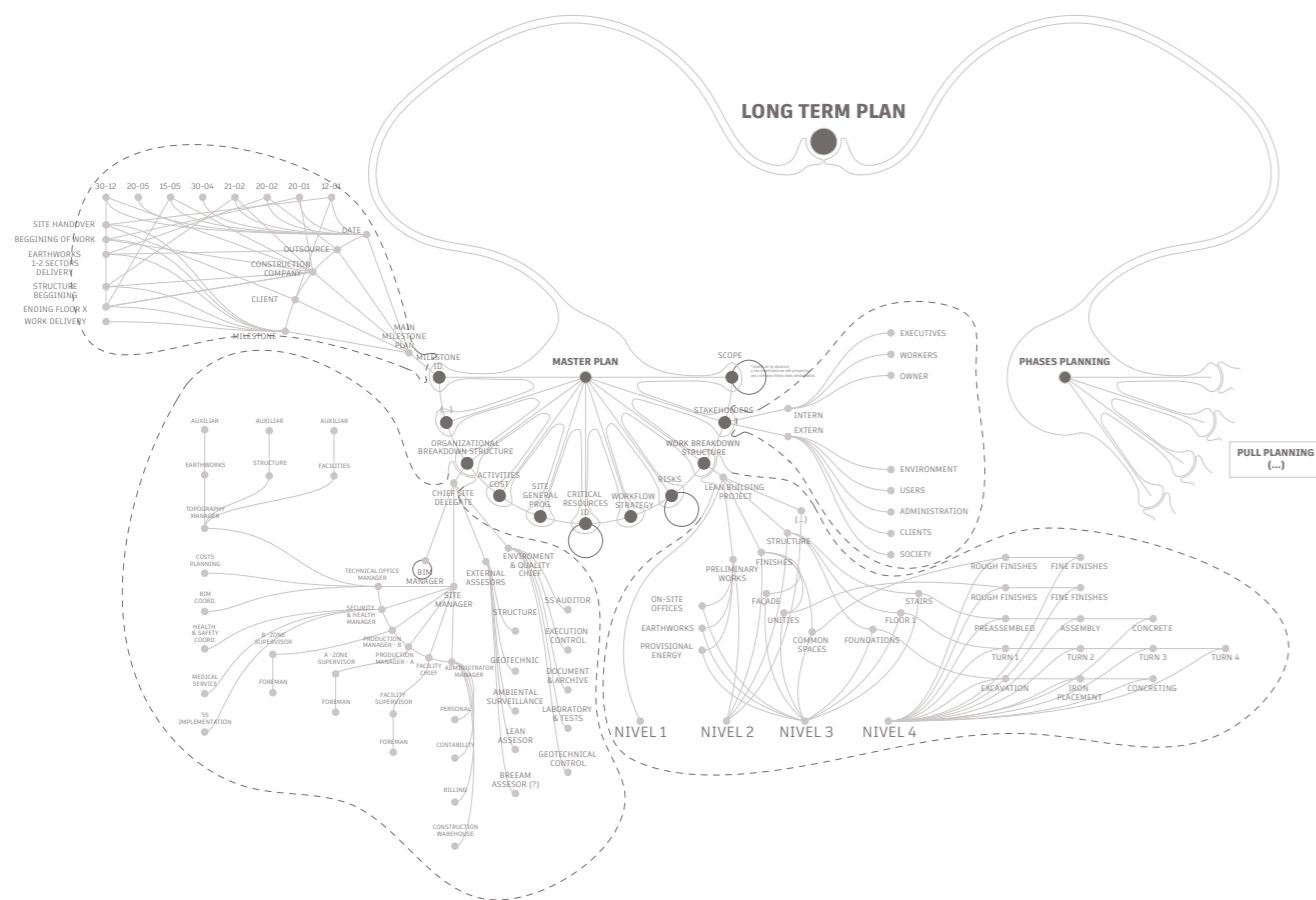


Figura 31: Hipergrafo en el Largo Plazo, Planificación Maestra, elaboración propia

³⁵Pons, J.F. (2019)

³⁶ Toyota Production System. (1978)

- Planificación pull -

"El objetivo de esta etapa del sistema es definir y validar el trabajo a realizar para cumplir cada fase de la obra".

La idea que engloba esta estrategia es la misma que planteó Taiichi Ohno en 1970, que a su vez él descubrió en los supermercados estadounidenses en 1950, "Un supermercado es donde un cliente puede conseguir lo que necesita, en el momento necesario, en la cantidad necesaria. A veces, por supuesto, un cliente puede comprar más de lo que necesita. Pero en principio el supermercado es un lugar donde compramos según necesidad"³⁶.

La operabilidad de esto resulta tremendamente eficaz, puesto que la cadena funciona y se pretende moldear en función de lo que se requiera en las cantidades que se necesiten, atendiendo a la fase final y de ahí, plantear la fase inicial, de modo que las fases más tempranas tiran "pull" de las últimas fases a la hora de decidir, "del supermercado nos surgió la idea de ver el proceso anterior en una línea de producción como una especie de tienda. El proceso posterior (cliente) pasa al anterior proceso (supermercado) para adquirir las piezas requeridas en el momento y en la cantidad necesaria"³.

La planificación pull busca dar una visión completa de todo lo que se necesita a partir de la última fase de cada hito, es decir, conocer todas las fases previas que se deben ejecutar para llegar a esta última fase. De este modo se pretende que todas las partes conozcan la secuencia de actividades a realizar, cual es el trabajo a ejecutar, fechas, plazos y restricciones.

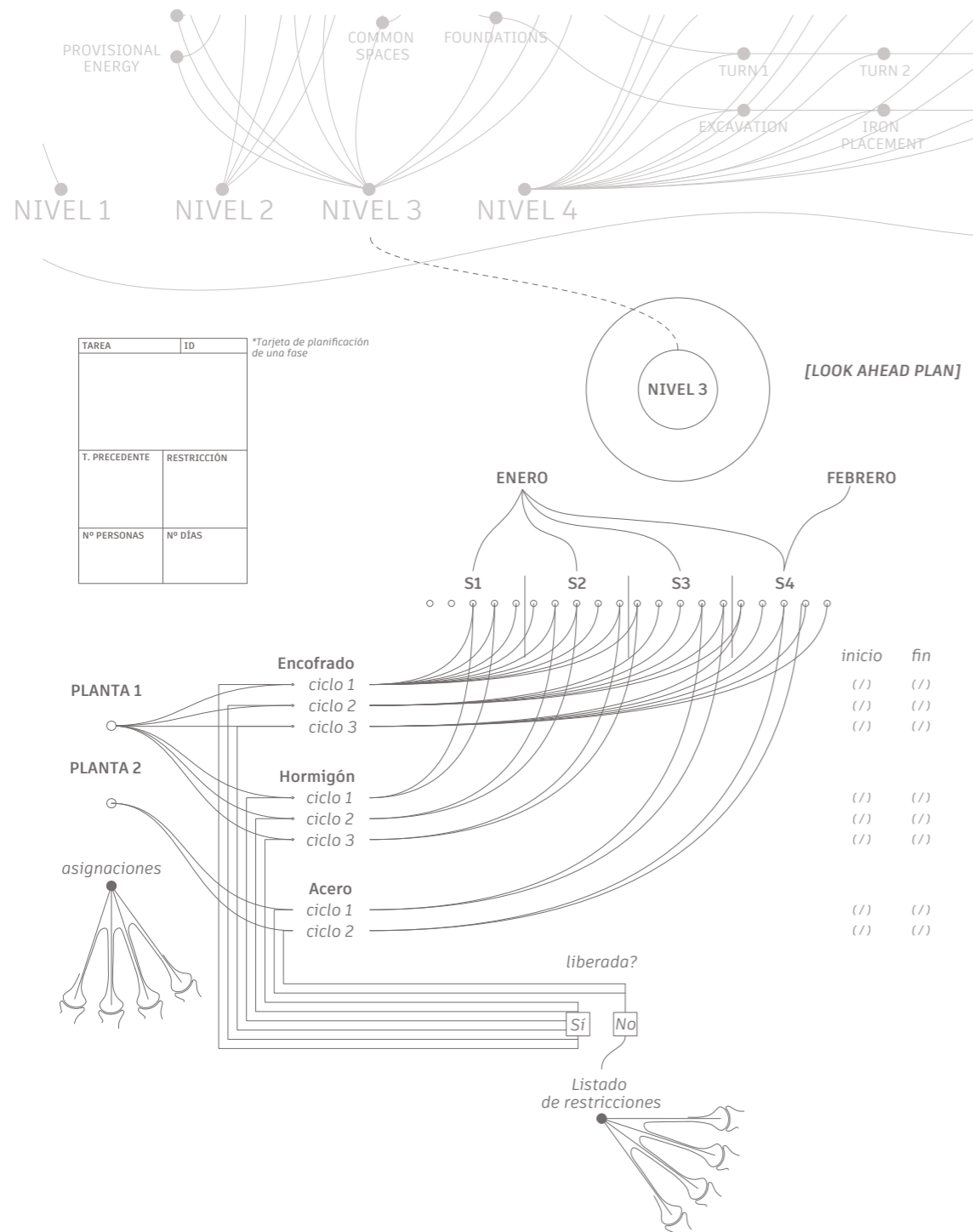


Figura 32: Subhipergrafo limitado en el Medio Plazo, Look Ahead Planning, elaboración propia.

###

Metodología Lean Construction:
Enfoque en el Medio Plazo

En esta etapa se planifica lo que es el "se puede", pretende mantener un plan de trabajo que sea capaz de controlar tanto las asignaciones de las diferentes áreas de trabajo como identificar las restricciones o condiciones nuevas para su ejecución en el plazo acordado.

37Pons, J.F. (2019)

"En el proceso de "Preparar el Trabajo" o "Make Ready" se identificarán y gestionarán las restricciones asociadas a las actividades del programa maestro que debieran de ejecutarse en una ventana de tiempo a definir. El tamaño definitivo de la ventana se definirá según la capacidad de predicción confiable que sea capaz de alcanzar el equipo con la información disponible en cada momento".

Se planifica en un rango de entre 3 y 8 semanas dependiendo de las circunstancias de la obra, este plan se extrae del Pull Plan realizado previamente en la planificación a largo plazo, donde se hace un ejercicio de ampliación aproximando el plan a las circunstancias actuales.

Una vez acotado, se obtiene un inventario de trabajo ejecutable_ (ITE), que constituyen los órdenes de producción concretas, junto con las asignaciones y de cada área dentro de la obra. El objetivo es generar un flujo de trabajo predecible_ durante la fase de ejecución, planificar los solapes de tareas, establecer mecanismos de trabajo y notificación de posibles errores (causas del no cumplimiento del plan).

La planificación a Medio Plazo del Last Planner® System propone un sistema de paneles donde se colocarán tarjetas de diferentes colores_, estas tarjetas estarán asociadas a diferentes especialidades o subcontratistas (una fila por cada uno) donde se detalla la actividad a ejecutar por día. Las tarjetas resultan un método sencillo para registro diario de los órdenes de producción, permite de este modo a los subcontratistas ver dependencias y solapes reales semanalmente, y a la Dirección Facultativa, monitorizar el flujo de trabajo en paralelo con la planificación establecida.

Con ello se identifican las actividades para después realizar un análisis de restricciones_, para ello se utiliza un sistema que registre las restricciones. El listado recoge una descripción breve, la actividad afectada, la acción a realizar, nivel de prioridad y un control de fechas.

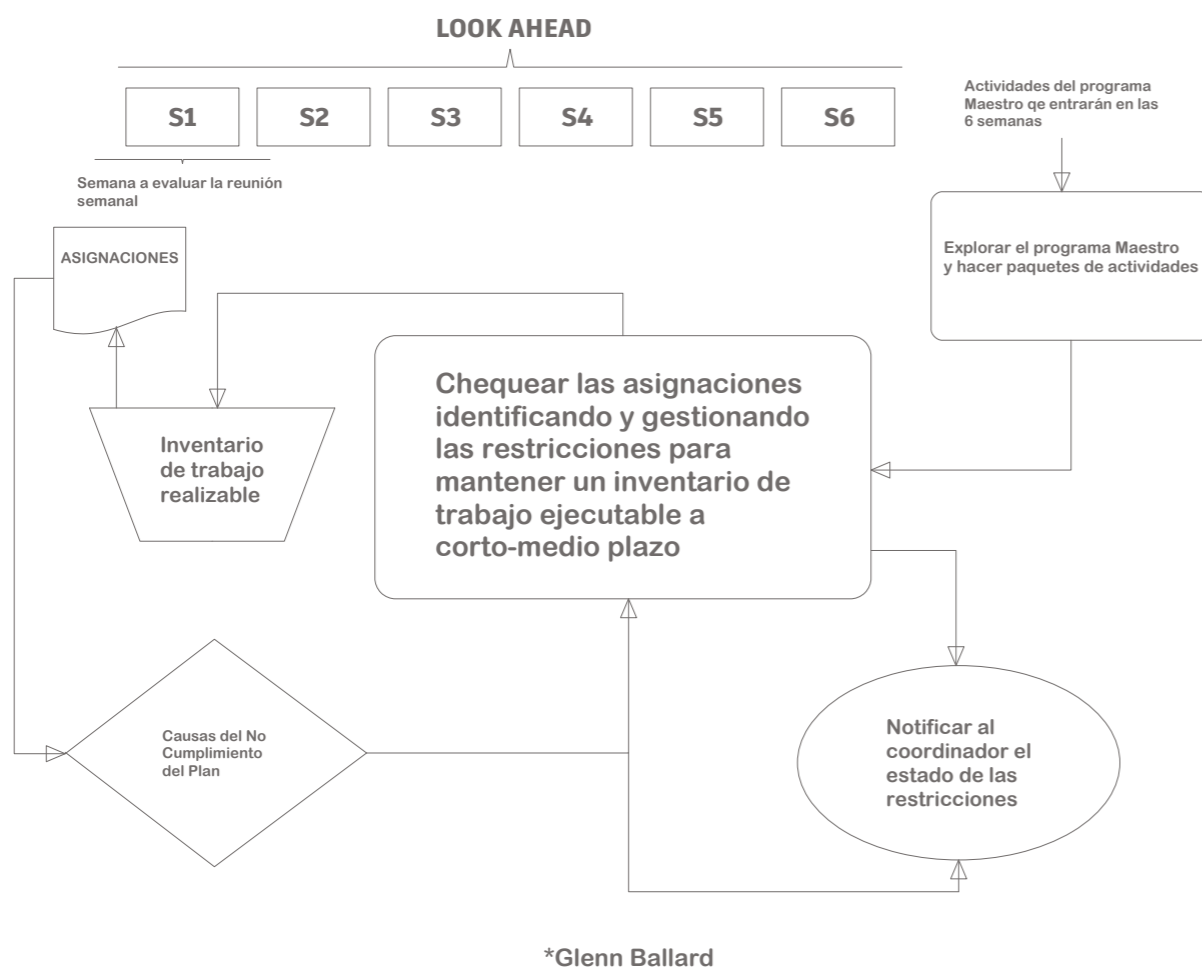


Figura 33: Elaboración propia adaptado del diagrama de flujo Look Ahead Planning, Ballard, Glenn (s.f.)

###

Metodología Lean Construction:
Enfoque en el Corto Plazo

En esta etapa se planifica lo que se denomina como el "se hará", cuando se asumen las tareas concretas para el avance de la obra. "La regla para pasar actividades o tareas del medio al corto plazo es que se hayan liberado todas sus restricciones" (LC), permitiendo así una ejecución enteramente libre de cada tarea específica, sin retrasos ni posibles solapes.

La gestión por medio del LPS1 recomienda el uso de formatos que dejen bien definido el plan establecido, incluyendo:

- Actividad a ejecutar
- Responsable de la actividad
- Compromiso asumido (cantidad de obra ya sea en cantidad o porcentaje).
- Avance real.
- Diagrama de Gantt.

El objetivo es establecer unos objetivos cuantitativos claros, acotando de manera eficiente la tarea a ejecutar, es aquí también donde el equipo debe ser lo más realista posible respecto a la probabilidad de liberación de las restricciones (LPS), y así poder atajar y planificar con rapidez.

El análisis de cumplimiento de los compromisos permite calcular el Porcentaje del Plan Completado (PPC), que se elabora a partir de una media de tareas completadas respecto de las totales semanalmente.

"Mide el porcentaje de asignaciones que se completan al 100% tal y como se había previsto, y se usan criterios binarios de SI/NO, de manera que una tarea terminada al 90% sería un NO. Por ejemplo, si se han planificado 4 tareas y se han finalizado solo 3, aunque la cuarta tarea esté terminada a medias, el PPC será el resultado de dividir 3 entre 4, es decir, el 75%".

³⁸Pons, J.F. (2019)

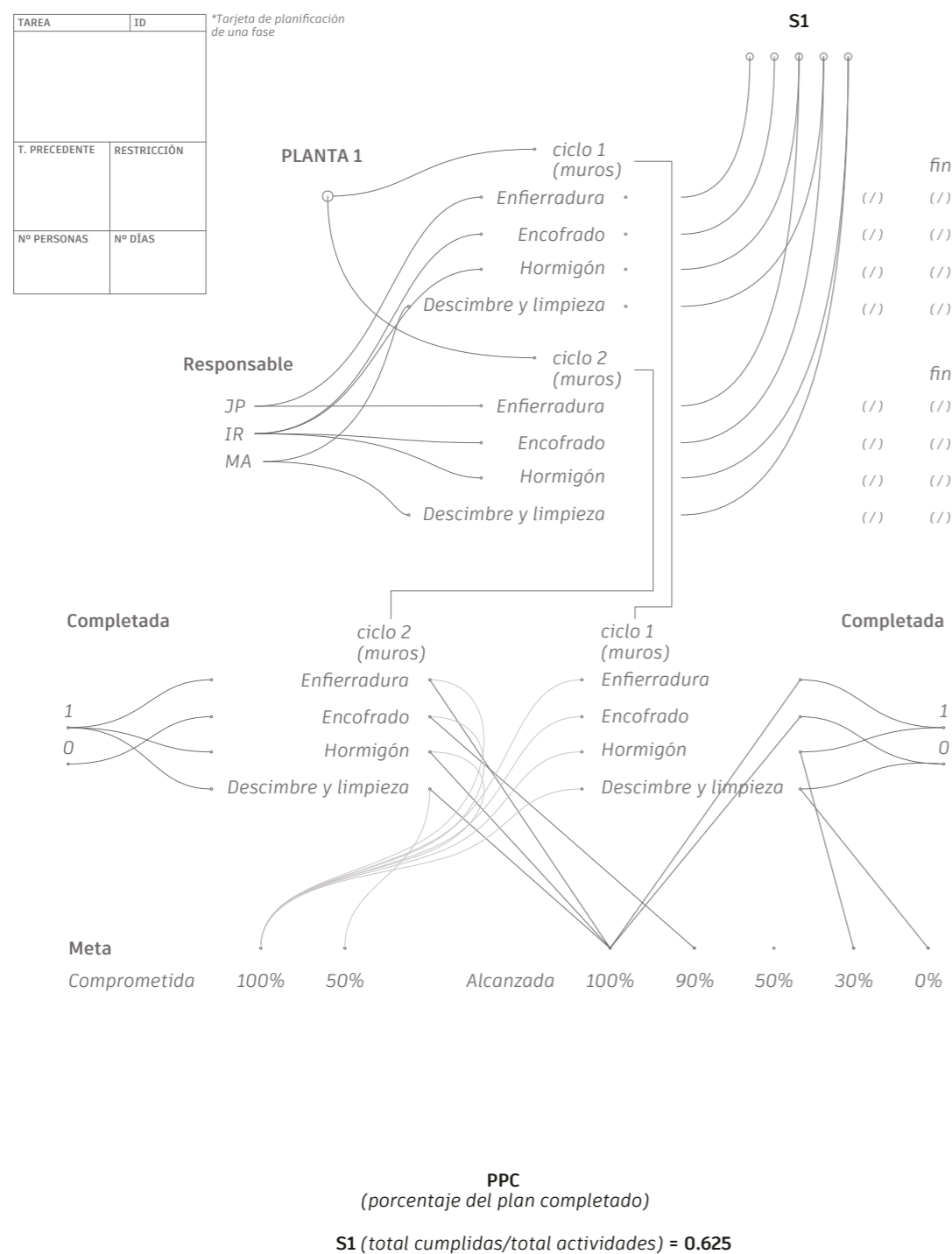


Figura 34: Registro de Cumplimiento Semanal en el Corto Plazo, elaboración propia.

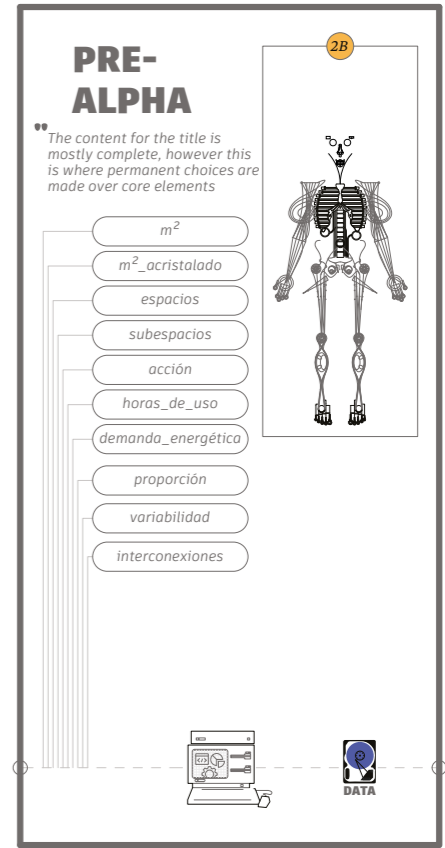
Para la representación del subhipergrafo limitado es necesario un registro de cumplimiento semanal: Mediante el sistema PPC se extraen los porcentajes de tareas completadas semana a semana y se añade a la base de datos los pesos en un rango de 0 a 1.

No es estrictamente necesario dibujar el diagrama del hipergrafo en la escala a Corto Plazo, dado que a este nivel la medición se hace por tareas específicas asignadas que deben ser previamente planificadas en el Medio Plazo para poder actuar con las restricciones liberadas. El porcentaje de tareas completadas dará una medida del cumplimiento del plan pero este se ha de poner en paralelo con el avance del proyecto.

El registro de cumplimiento semanal será de ayuda a la hora de analizar la efectividad de las decisiones tomadas previamente a Medio y Largo Plazo, suponiendo un verificador constante de el buen o mal funcionamiento del plan establecido; pero además supone un registro de datos muy definido para su posterior análisis una vez finalizada la obra, en la búsqueda de esta mejora constante, se podrá analizar cada uno de los plazos acotados y extraer un aprendizaje empírico de las causas y consecuencias de determinadas decisiones.

El *Lean Construction* tiene como objetivo establecer unas metodologías de cooperación laboral que estructuren la comunicación entre las partes, a fin de que el entendimiento sea mayor que el existente en la construcción tradicional. El registro de estas actuaciones a través de hipergrafos permite ver tanto las interconexiones de mayor peso durante la planificación, como el postanálisis de las actuaciones para la mejora constante (*Kaizen* - 改善)³⁹

³⁹ *Kaizen* [改善] es una palabra japonesa que se refiere al cambio a mejor o la mejora continua del proceso



REDUCCIÓN DIMENSIONAL Y ENSAMBLAJE DE MODELOS

04

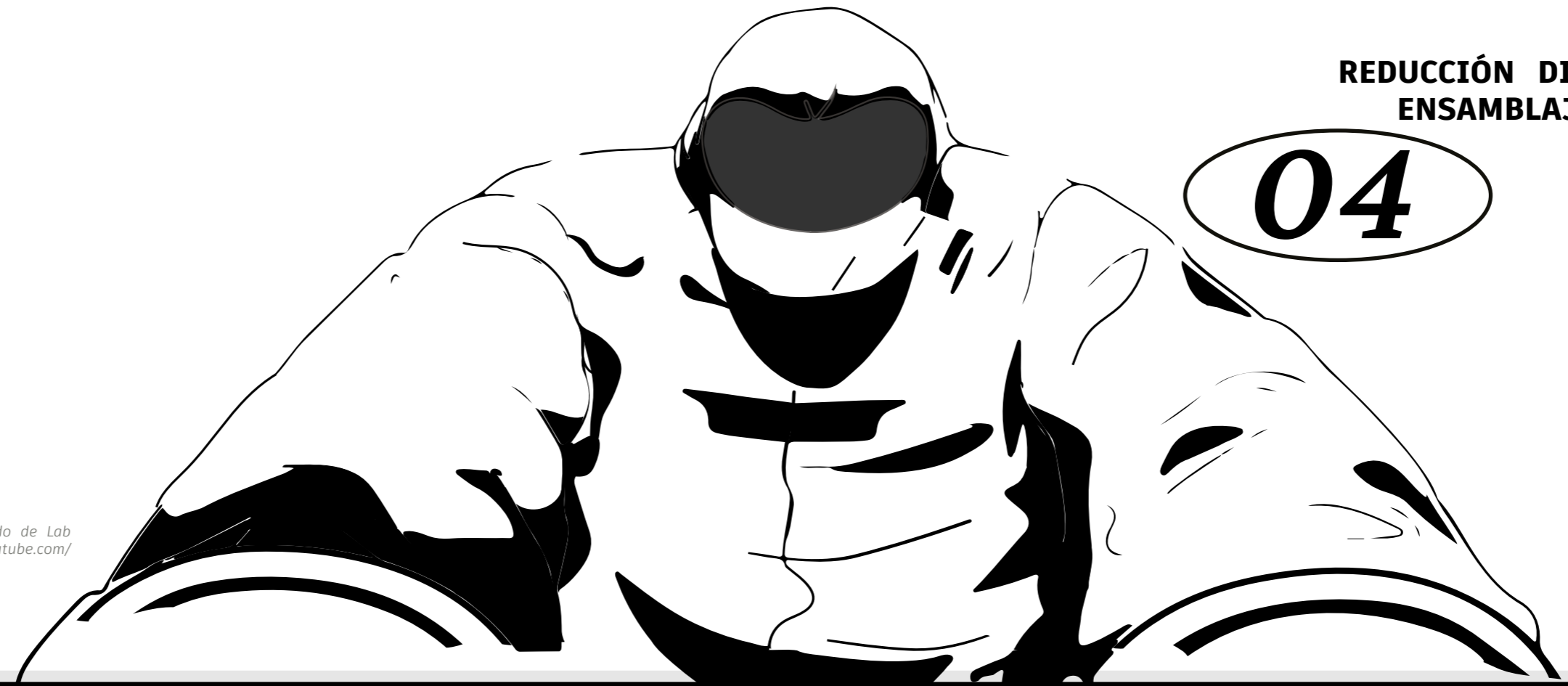
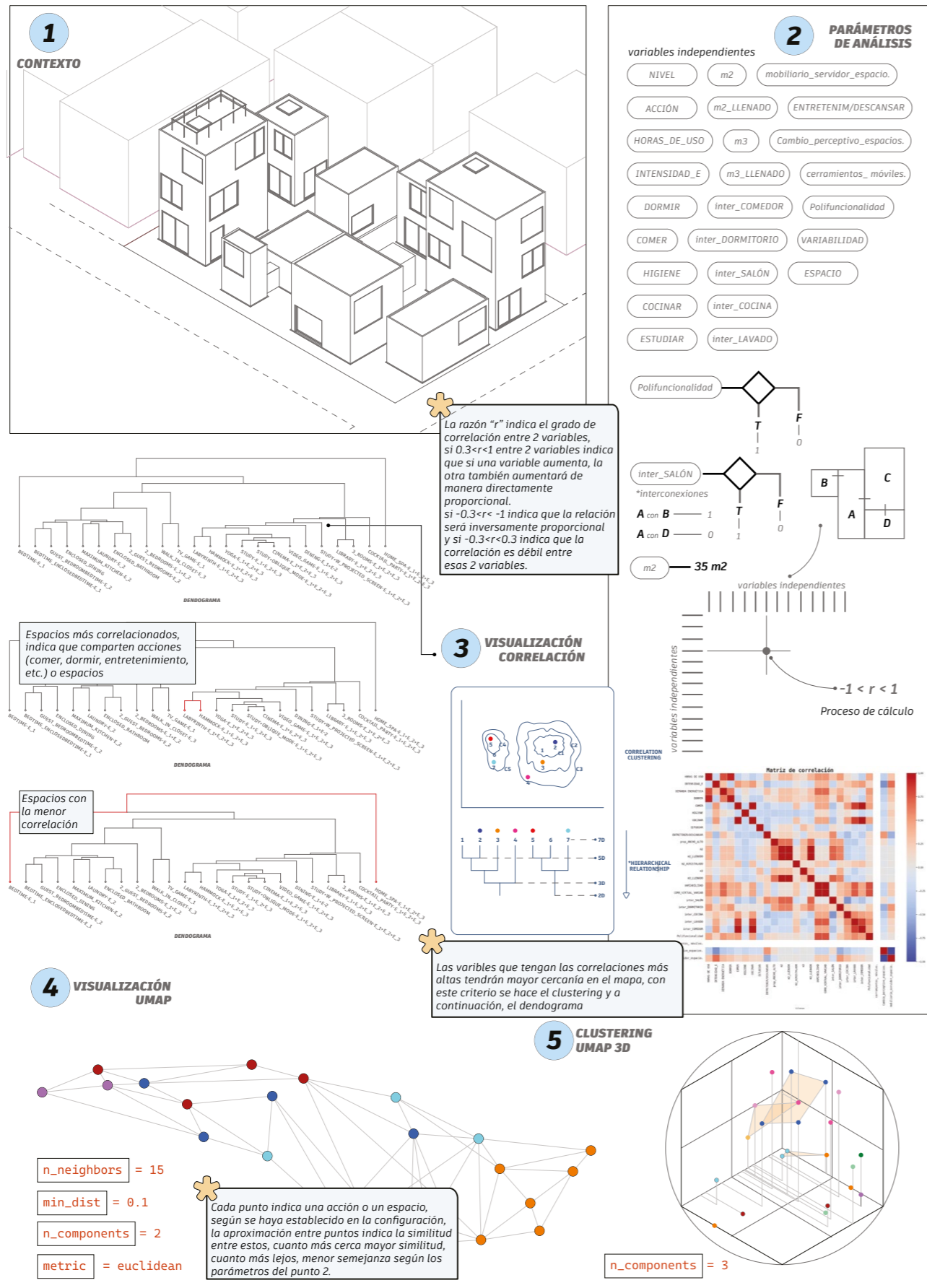


Figura 35: Elaboración propia adaptado de Lab Leaks, (2023) Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=WJ-XXQcXik>

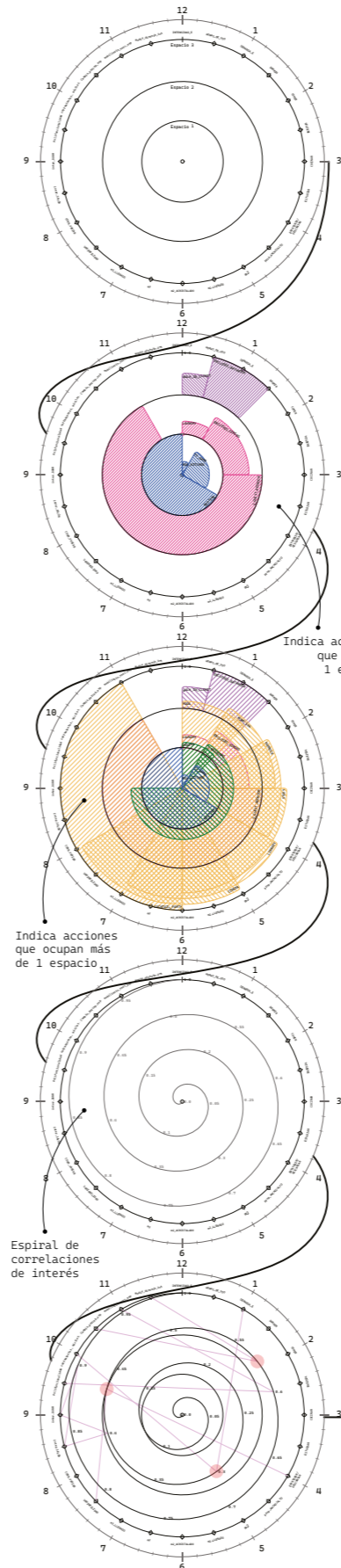


La razón "r" indica el grado de correlación entre 2 variables, si $0.3 < r < 1$ entre 2 variables indica que si una variable aumenta, la otra también aumentará de manera directamente proporcional. si $-0.3 < r < -1$ indica que la relación será inversamente proporcional y si $-0.3 < r < 0.3$ indica que la correlación es débil entre esas 2 variables.

Las variables que tengan las correlaciones más altas tendrán mayor cercanía en el mapa, con este criterio se hace el clustering y a continuación, el dendograma

Cada punto indica una acción o un espacio, según se haya establecido en la configuración, la aproximación entre puntos indica la similitud entre estos, cuanto más cerca mayor similitud, cuanto más lejos, menor semejanza según los parámetros del punto 2.

Figura 36: Elaboración propia



Se divide la circunferencia en cada uno de los espacios, junto con la cantidad de horas promedio de uso de ese espacio para una determinada acción

4.1 Caso de Estudio, fase Pre-Alpha

Herramientas de análisis How to read it?

El proceso de análisis llevado a cabo se estructura en torno a 3 métodos de visualización de datos.

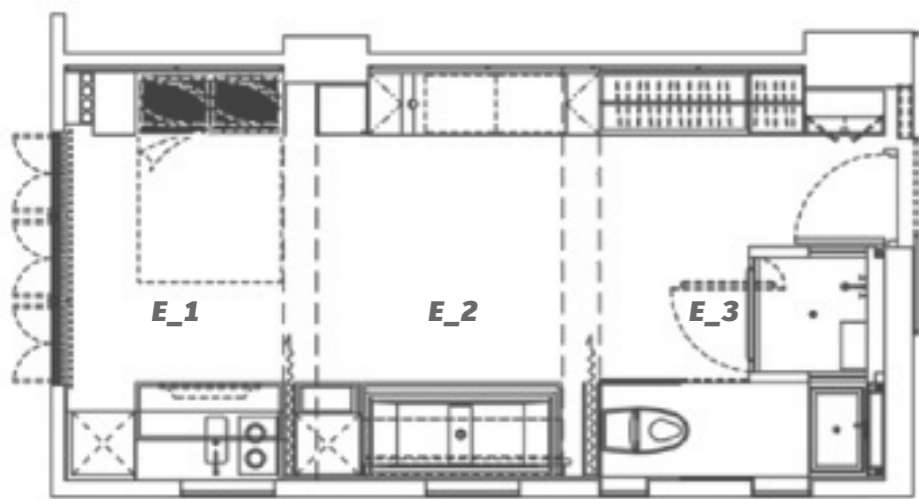
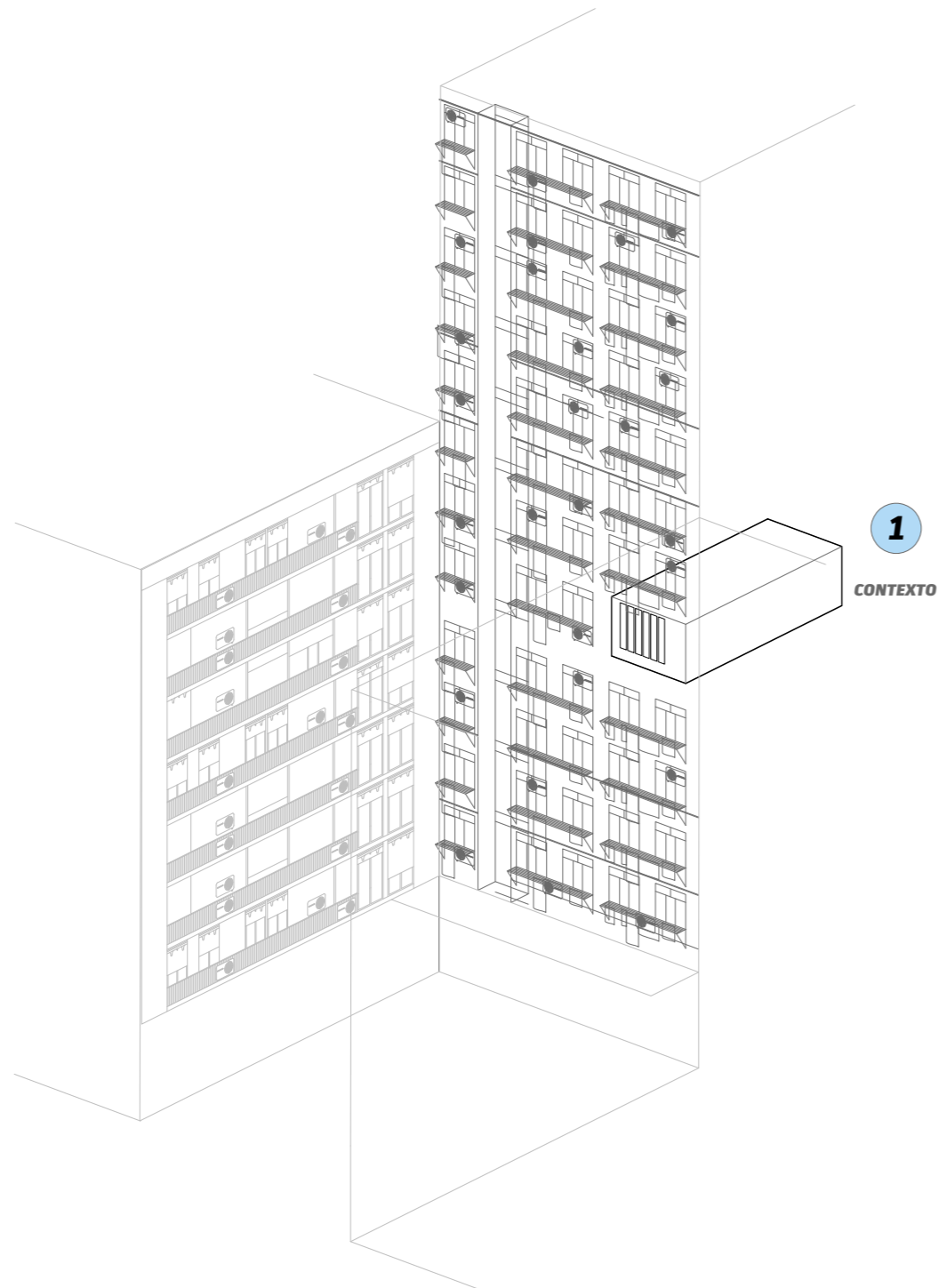
Estos 3 métodos responden a una misma base de datos, que a su vez esta base de datos conserva los mismos parámetros para cada uno de los casos de estudio, a excepción de la Casa Moriyama que incluye además los distintos niveles de la vivienda.

La metodología a seguir es la siguiente:

1. Se determinan los parámetros (m^2 , m^3 , m^2 acristalado, proporción, etc) para la vivienda y se añaden los datos según se haya establecido (valores cuantitativos o booleanos), que serán nuestras variables independientes (columnas), las variables no dependientes (columnas) serán aquellas que incluyan valores NaN (Not a Number) que servirán de índice y referencia de cada uno de los puntos (acciones, espacios, subespacios, etc) y por último las variables dependientes (filas) serán los diferentes espacios que contenga la vivienda con cada uno de los datos a rellenar de nuestras variables independientes.
- 2 A continuación se extraen los valores significativos de la matriz de correlación y se dibuja el dendograma.
3. Se elabora la visualización UMAP y se localiza las posibles agrupaciones de espacios o acciones.
- 4 Se dibujan el diagramas de espacios junto con la espiral de correlaciones y la visualización UMAP en 3D.

El sistema de correlación no implica causalidad, por tanto los resultados permiten analizar posibles relaciones pero requiere de un razonamiento posterior

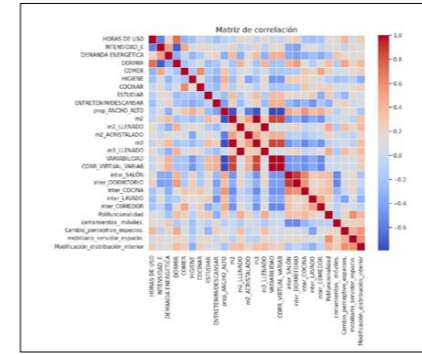
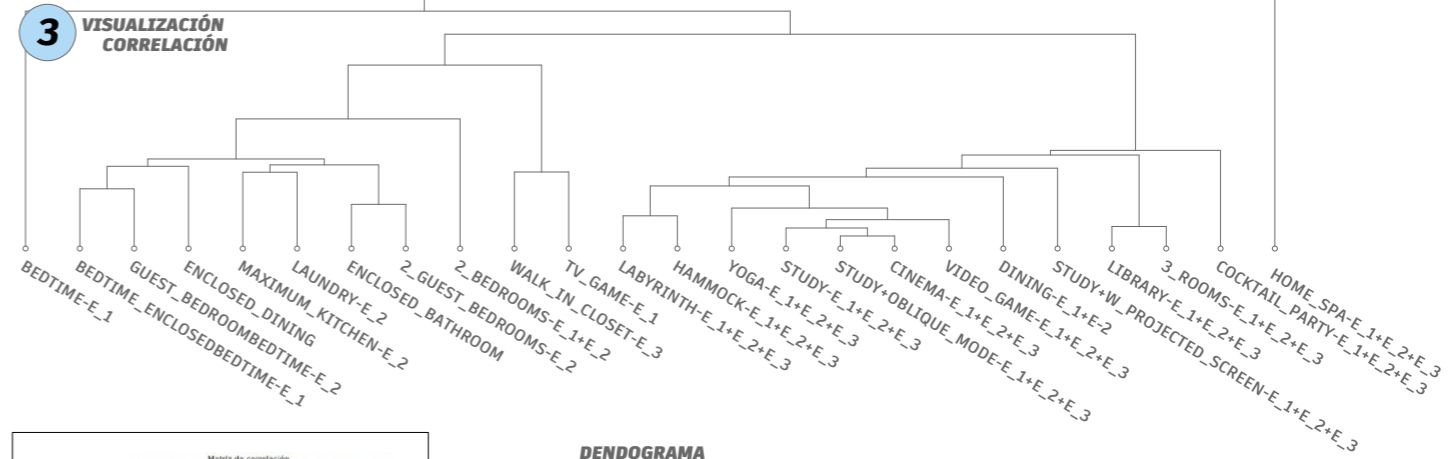
*código fuente en el anexo



PARÁMETROS DE ANÁLISIS

m2	mobiliario_servidor_espacio.
ACCIÓN	m2_LLENADO ENTRENIM/DESCANSAR
HORAS_DE_USO	m3 Cambio_perceptivo_espacios.
INTENSIDAD_E	m3_LLENADO cerramientos_móviles.
DORMIR	inter_COMEDOR Polifuncionalidad
COMER	inter_DORMITORIO VARIABILIDAD
HIGIENE	inter_SALÓN ESPACIO
COCINAR	inter_COCINA
ESTUDIAR	inter_LAVADO

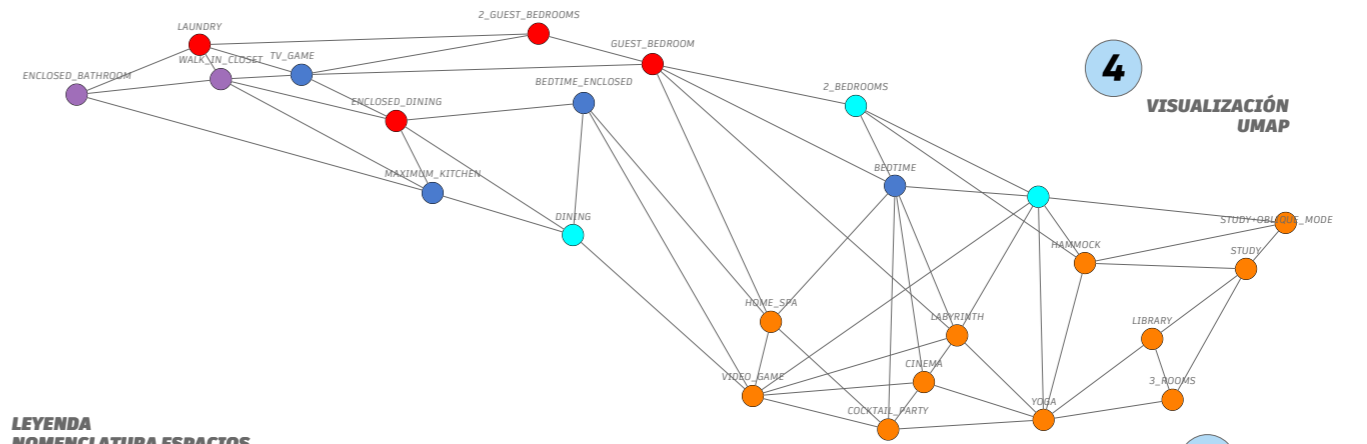
Figura 37: Elaboración propia, Documentación y planos, Arch Daily (2020) <https://www.archdaily.cl/cl/950117/nanoescala-gary-chang-explora-la-vida-compacta-y-el-futuro-de-las-ciudades-densas>



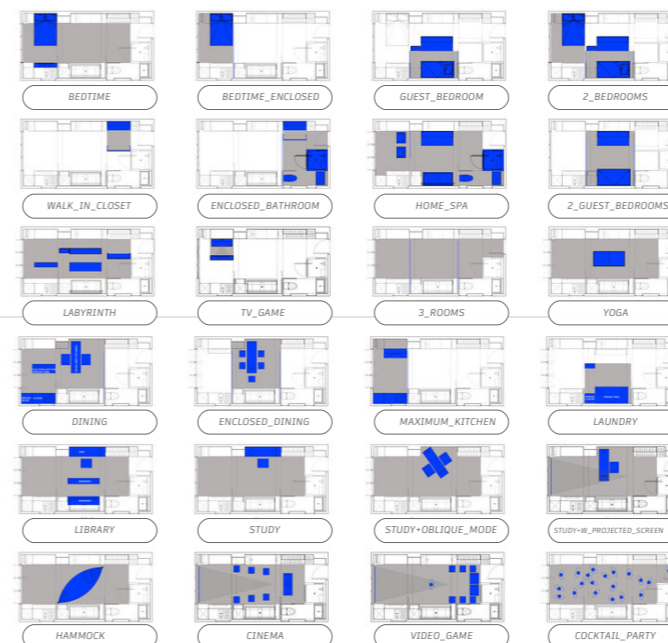
DENDOGRAMA

###

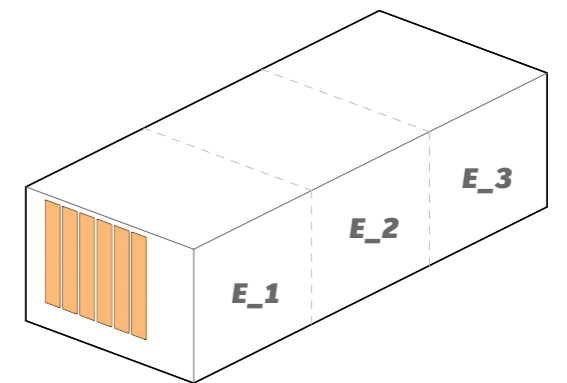
Gary Chang
32 m²

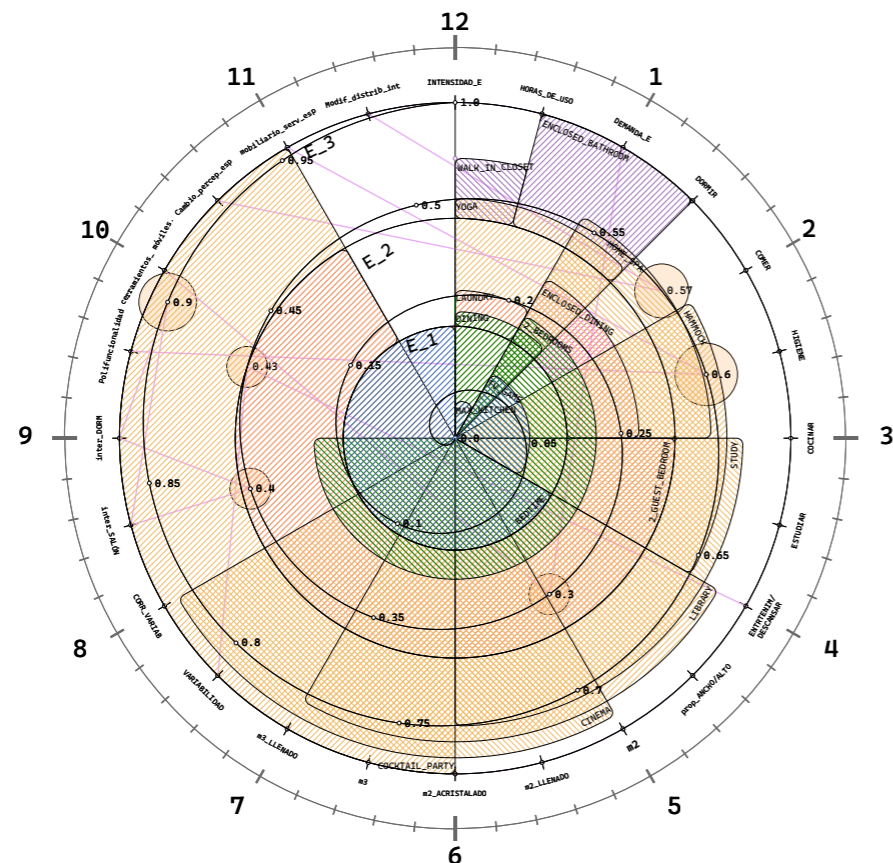


LEYENDA NOMENCLATURA ESPACIOS

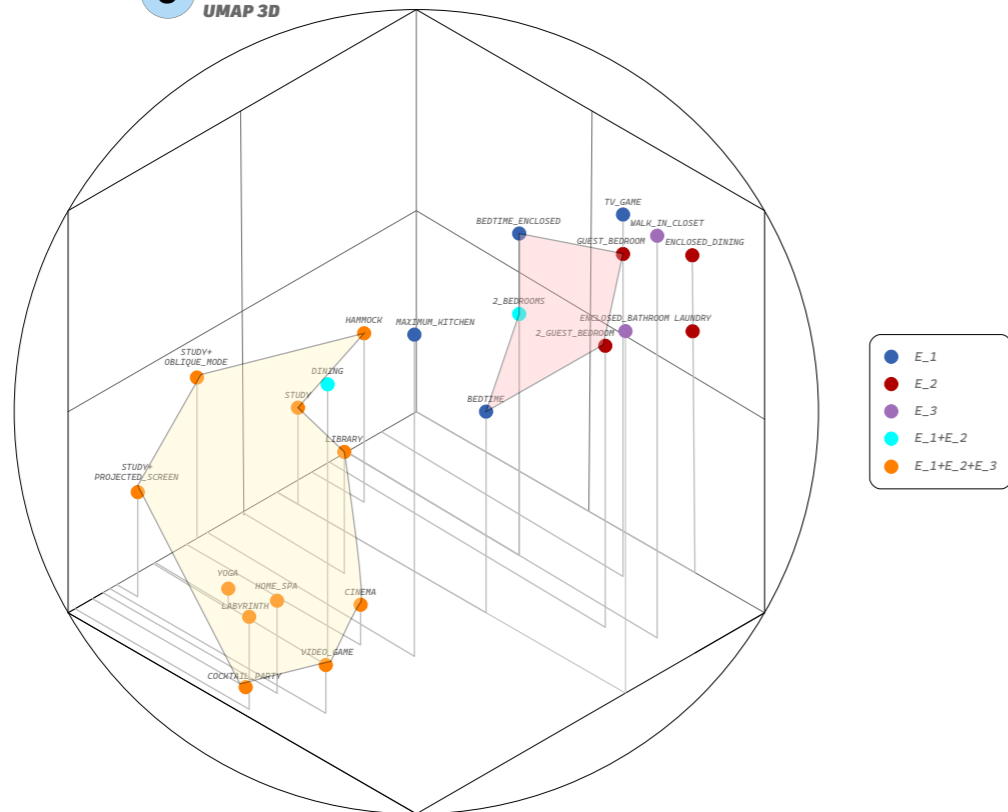


5 CLUSTERING





6 CORRELACIONES Y USOS + UMAP 3D



● E_1
● E_2
● E_3
● E_1+E_2+E_3

7 CLUSTERING UMAP EN PLANTA

###

Resultados del análisis
32 m²

El proyecto se sitúa en el centro de Hong Kong, se trata de una reforma realizada con el objetivo de optimizar al máximo un espacio de 32m² para una vivienda unipersonal. La vivienda se divide en tres espacios llegando a un total de 24 posibles usos diferentes, empleando en ocasiones usos compatibles, usos no compatibles o usos únicos de la vivienda (por ejemplo, el espacio dormitorio no es compatible con el de la cocina, pero sí con el espacio para ver la televisión, en cambio, usos como modo cine o cocktail party impiden el uso de cualquier otro, descontando el aseo).

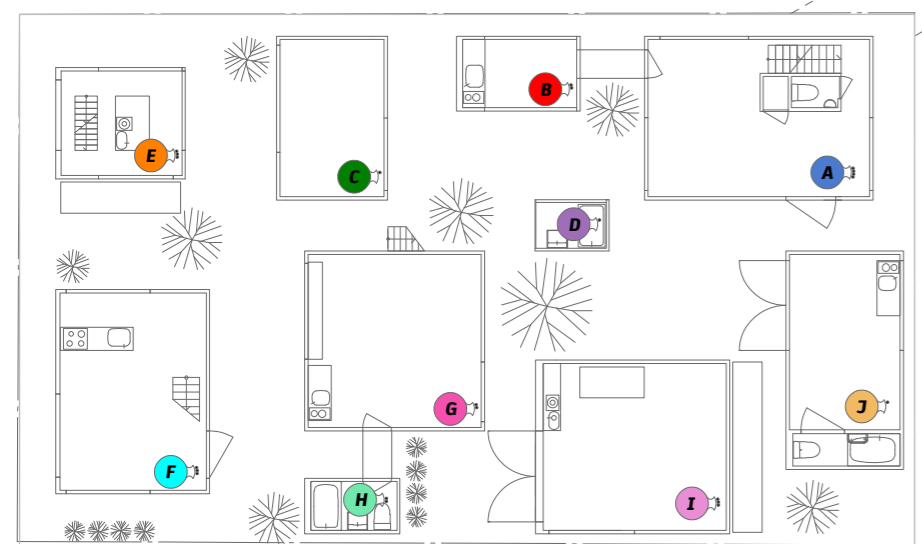
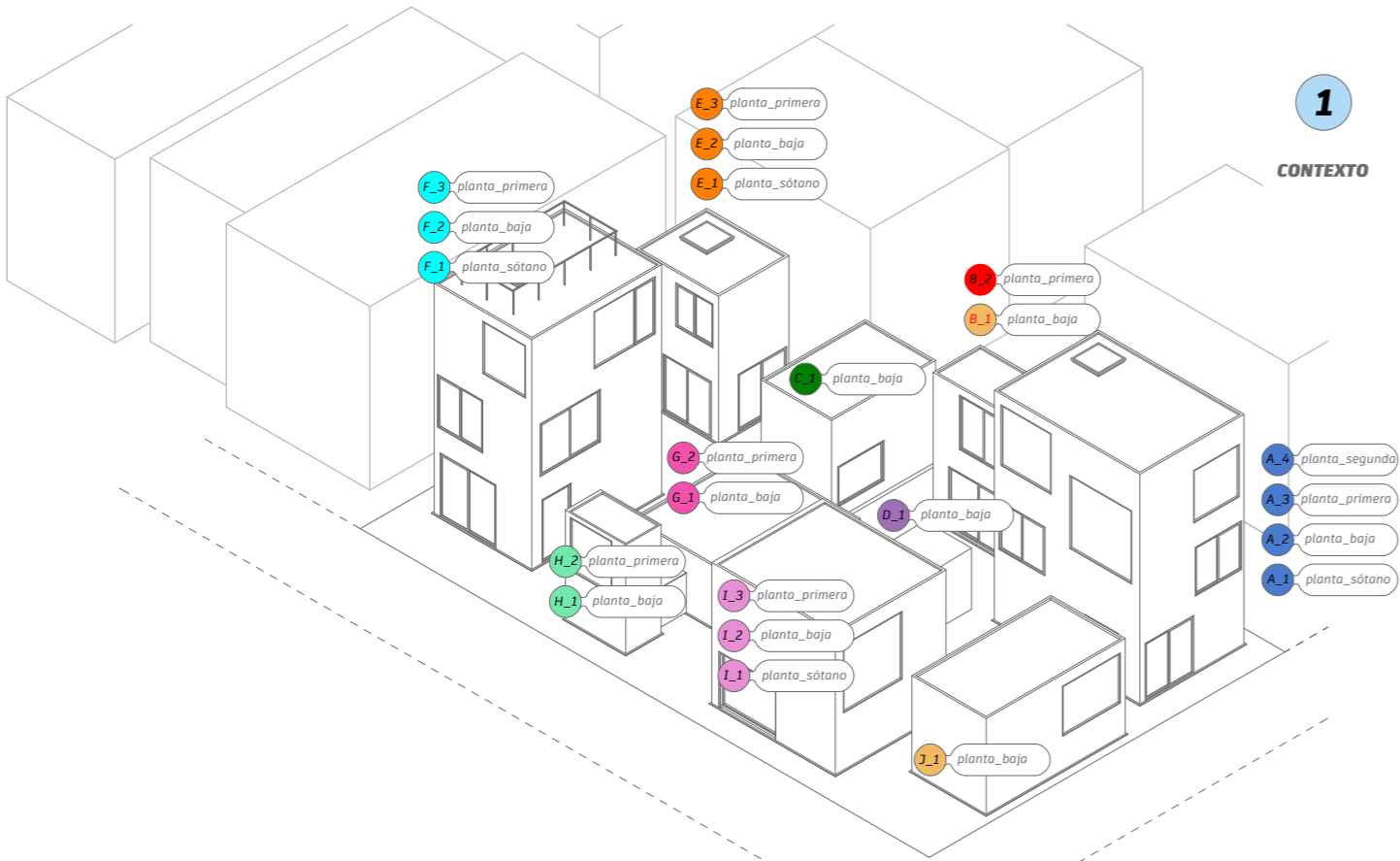
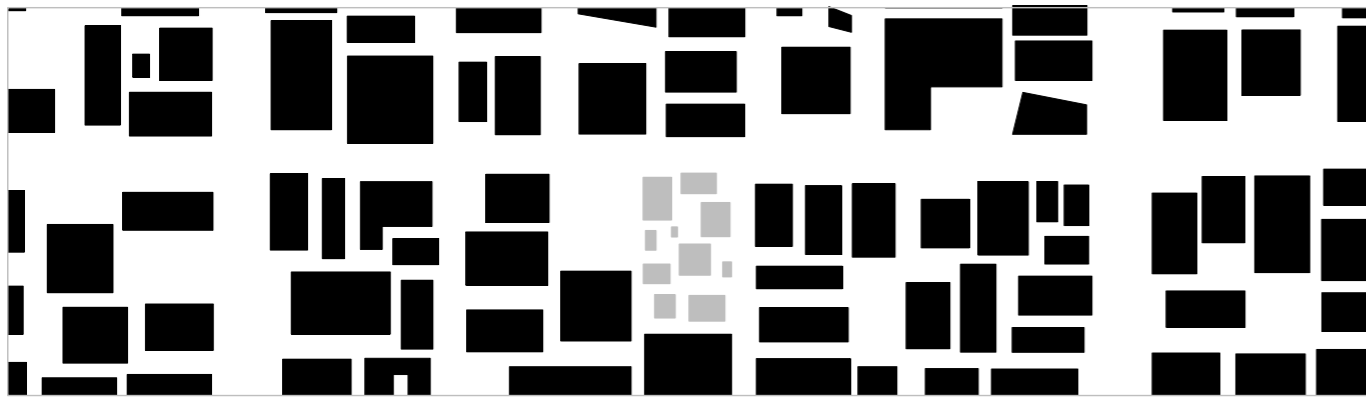
Conclusiones siguiendo los parámetros de análisis.

1. Existe una correlación directa ($r=0.4$) entre [VARIABILIDAD] e [inter_Dormitorio]. Se podría decir que los espacios con presencia directa de dormitorios presentan un mayor ratio de variabilidad de usos respecto de otros. Lo mismo ocurre con la variable [ENTRETENIM/DESCANSAR] ($r=0,43$) indicando la misma correlación pero con usos que impliquen entretenimiento o descansar.

2. Existe una correlación directa ($r=0.6$) entre [mobiliario_servidor_espacio] y [Polifuncionalidad]. Los espacios con polifuncionalidad, que para este caso de estudio son prácticamente todos, tienen su variedad de usos debido a la disposición del mobiliario empleado.

3. La Visualización UMAP muestra dos agrupaciones. La primera incluye a todos los espacios que resultan monofuncionales, es decir, puede llegar a plantearse que todos los espacios que requieran del E_1+E_2+E_3 tienen similitudes en cuanto a forma, proporción y disposición, dado que buscan ocupar la totalidad de la vivienda. También existe otra agrupación, aunque más débil, entre los dormitorios.

Figura 38: Elaboración propia



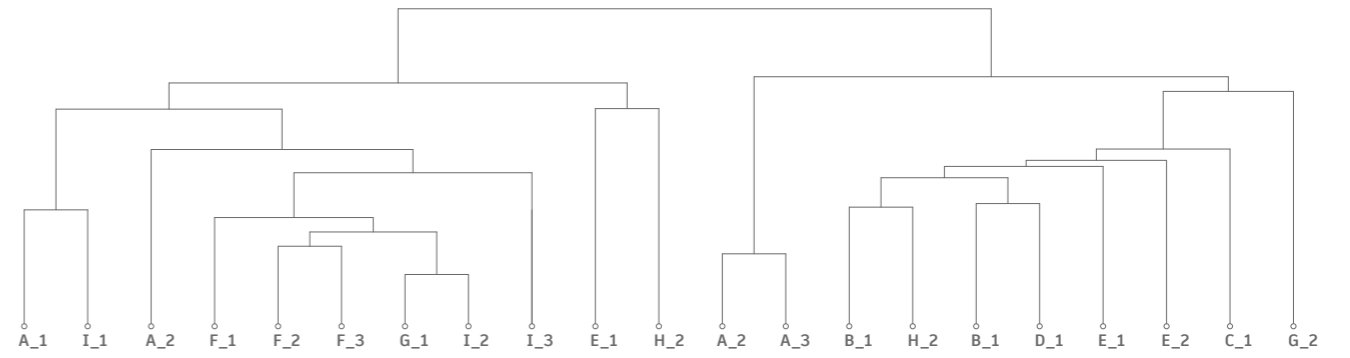
2

PARÁMETROS DE ANÁLISIS

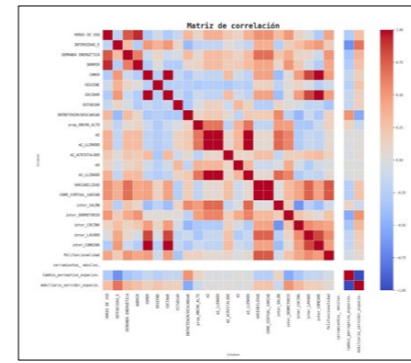
NIVEL	m2	mobiliario_servidor_espacio.
ACCIÓN	m2_LLENADO	ENTRETENIM/DESCANSAR
HORAS_DE_USO	m3	Cambio_perceptivo_espacios.
INTENSIDAD_E	m3_LLENADO	cerramientos_móviles.
DORMIR	inter_COMEDOR	Polifuncionalidad
COMER	inter_DORMITORIO	VARIABILIDAD
HIGIENE	inter_SALÓN	ESPACIO
COCINAR	inter_COCINA	
ESTUDIAR	inter_LAVADO	

Figura 39: Elaboración propia, Documentación y planos, El croquis (2008) Nº 139 SANAA, Kazuyo Sejima, Ryue Nishizawa

3 VISUALIZACIÓN CORRELACIÓN



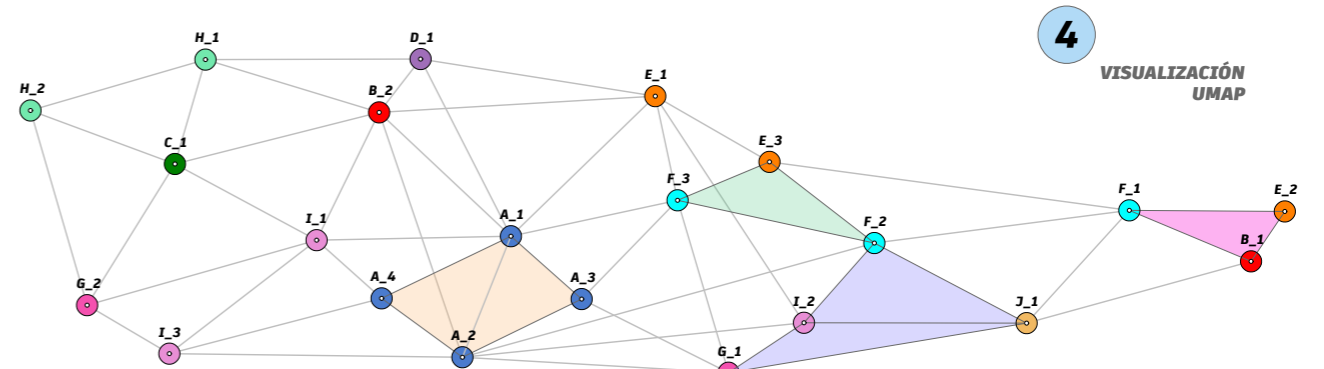
DENDOGRAMA



MATRIZ DE CORRELACIÓN

###

Ryue Nishizawa
Casa Moriyama

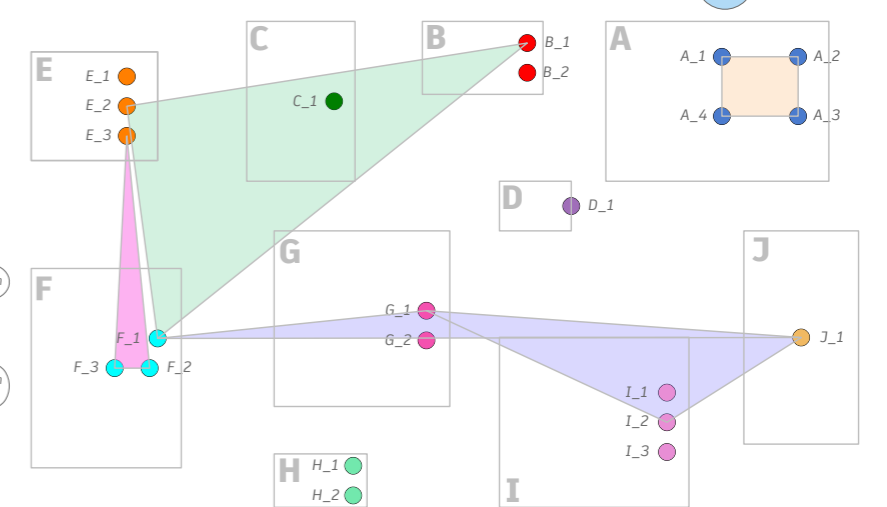


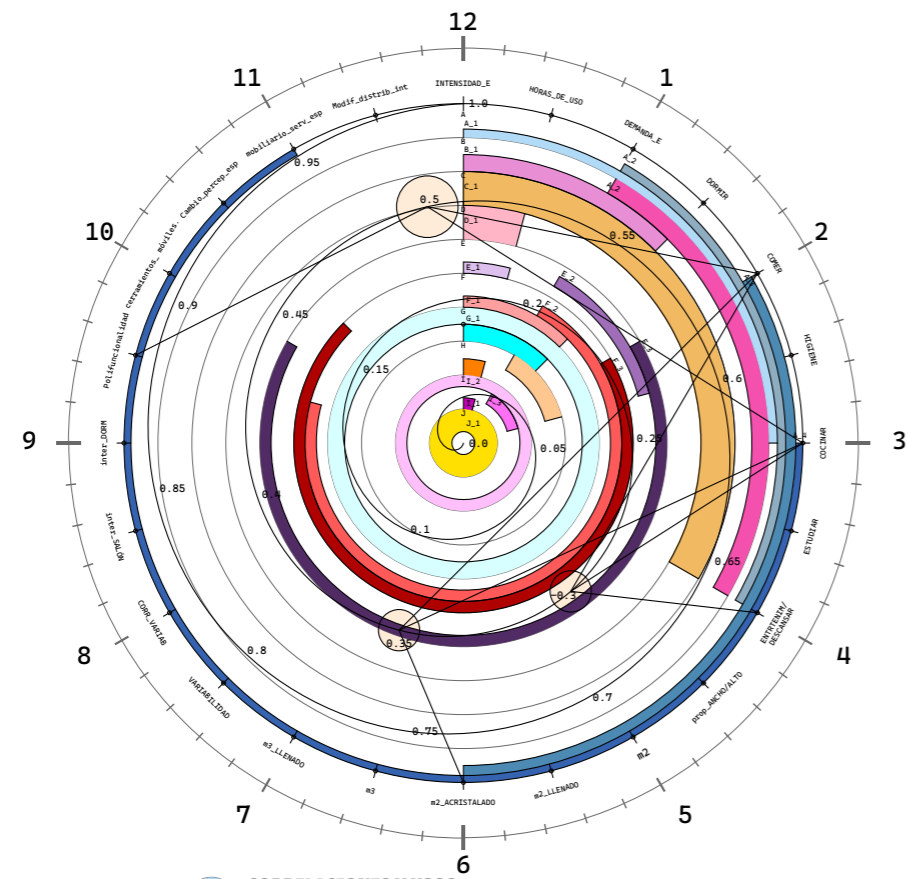
4 VISUALIZACIÓN UMAP

5 CLUSTERING UMAP EN PLANTA

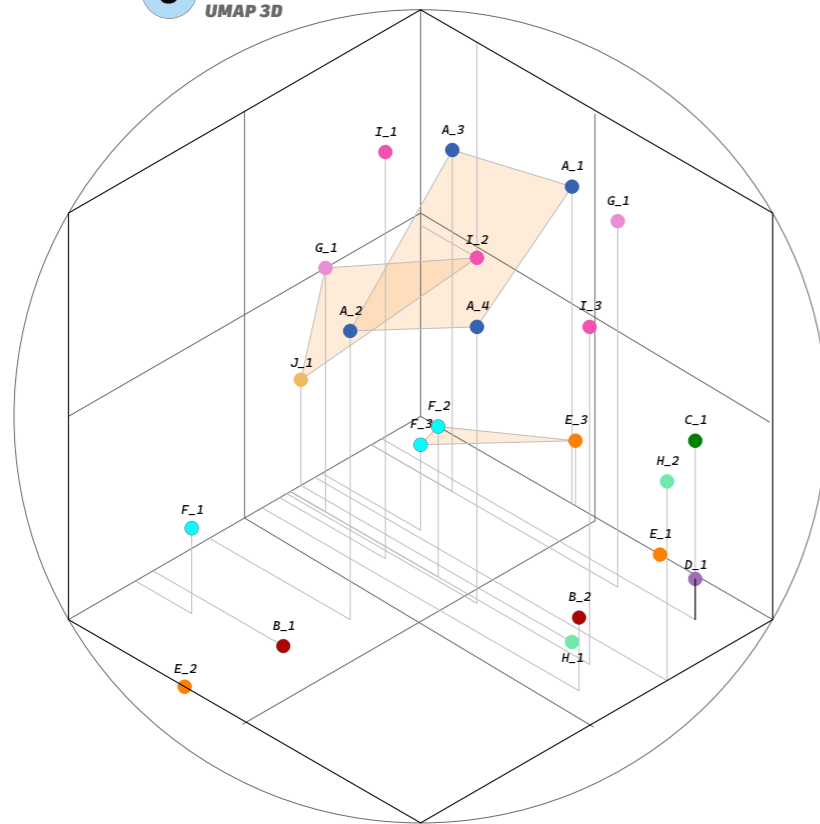
LEYENDA NOMENCLATURA ESPACIOS

A_4	Master bedroom	E_3	Bedroom+bathroom	H_2	Void
A_3	Library	E_2	Dining-kitchen	H_1	Bathroom
A_2	Living room	E_1	Bathroom	I_3	Void
A_1	Studio	F_3	Bedroom	I_2	Living room+bedroom
B_2	Studio	F_2	Bedroom+bathroom	I_1	Bathroom
B_1	Dining-kitchen	F_1	Dining-kitchen	J_1	Living room+bedroom+kitchen+bathroom
C	Living room	G_2	Roof terrace		
D	Bathroom	G_1	Living room+bedroom		
H	H_1				
	H_2				





6 CORRELACIONES Y USOS + UMAP 3D



7 CLUSTERING UMAP EN PLANTA

###

Resultados del análisis Casa Moriyama

Localizada en un barrio tradicional de Tokio, se construyen un total de 10 volúmenes independientes con la finalidad de crear pequeñas estancias que sirvan tanto para el uso del dueño como otras para alquilar. El emplazamiento genera una serie de jardines intersticiales entre los volúmenes, abiertos al entorno.

Conclusiones siguiendo los parámetros de análisis.

1. El conjunto de viviendas parece presentar una correlación entre los espacios que tengan asignada la función de [comer] o [cocinar] en relación con la duplicidad de usos en dichos espacios (dining+kitchen o living room+bedroom+bathroom+kitchen). [Polifuncionalidad] - [Comer] - [Cocinar]: $r=0.5$

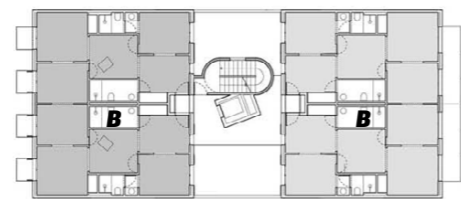
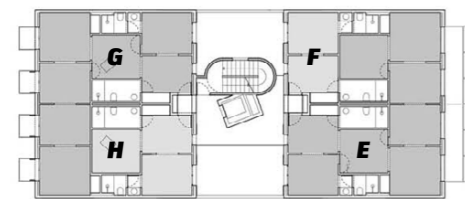
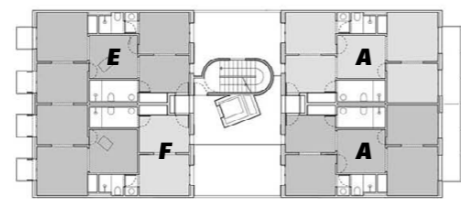
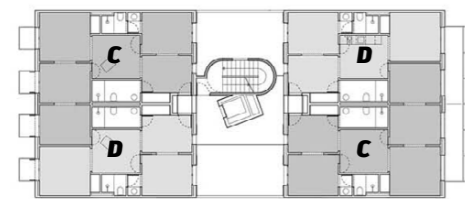
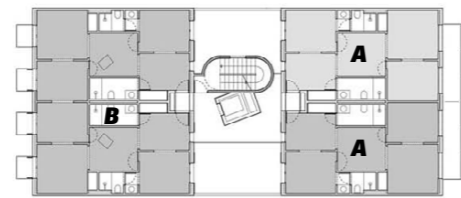
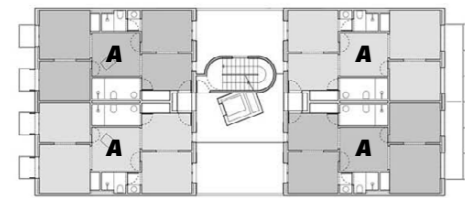
2. También se observa una correlación directa de estos espacios respecto a la variable [m²_acristalados] $r=0.35$, lo que puede llevarnos a la conclusión de que existe una relación directamente proporcional entre el espacio de comer-cocinar respecto a los m² de acristalamiento de dicho espacio, y en consecuencia, la cantidad de iluminación natural de estos espacios.

3. La Visualización UMAP muestra tres agrupaciones de interés. La primera muestra que las diferentes estancias dispuestas en el volumen A tienen una relación de similitud entre ellas; sin embargo, los espacios de dormitorio planteados en el proyecto están relativamente próximos entre sí, lo que se podría entender entonces que, a excepción del volumen A, los espacios que contengan un dormitorio presentan similitudes en sus parámetros (m², proporción, interconexiones, etc) en relación a uso de este espacio, y no a la forma como ocurre en el caso A.

Figura 40: Elaboración propia



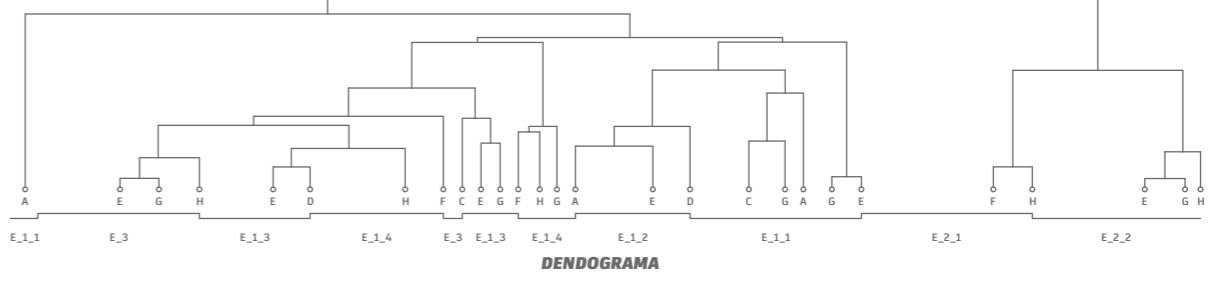
Fachada patio interior Fachada exterior



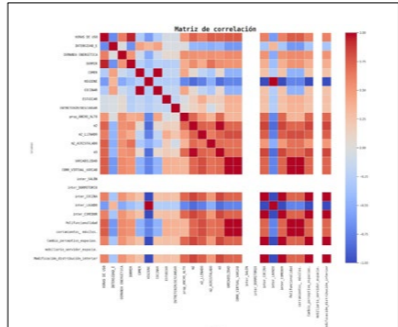
1

CONTEXTO

3 VISUALIZACIÓN CORRELACIÓN



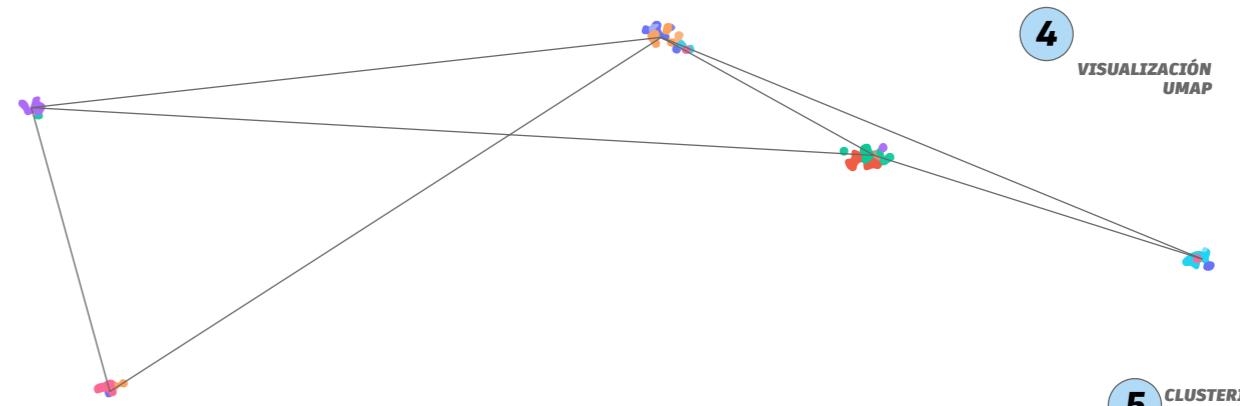
DENDOGRAMA



MATRIZ DE CORRELACIÓN

###

Maio
110 Rooms



4

VISUALIZACIÓN UMAP

5

CLUSTERING UMAP EN PLANTA

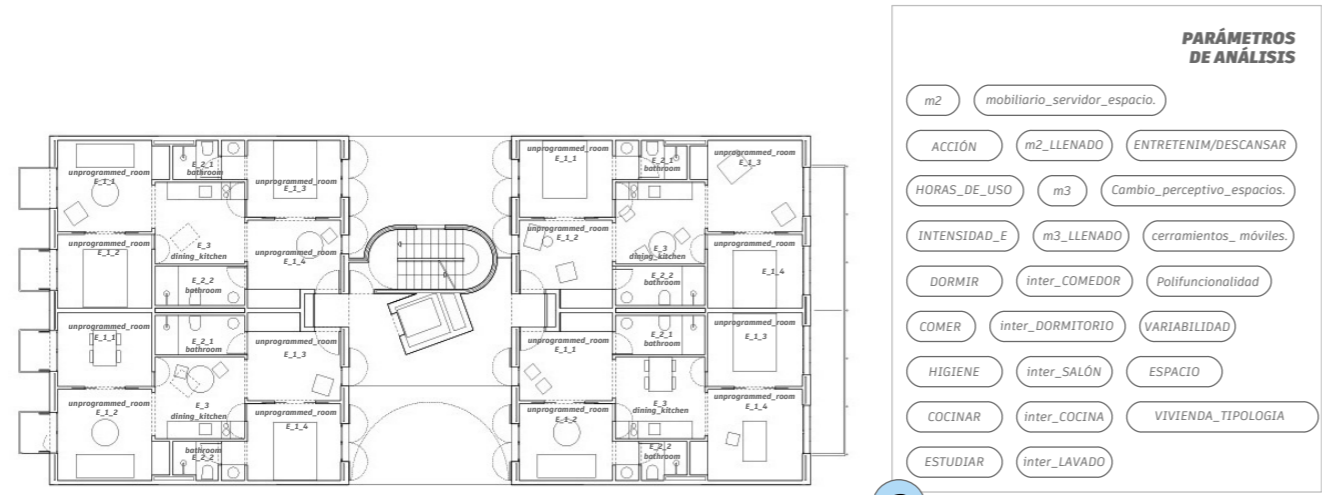
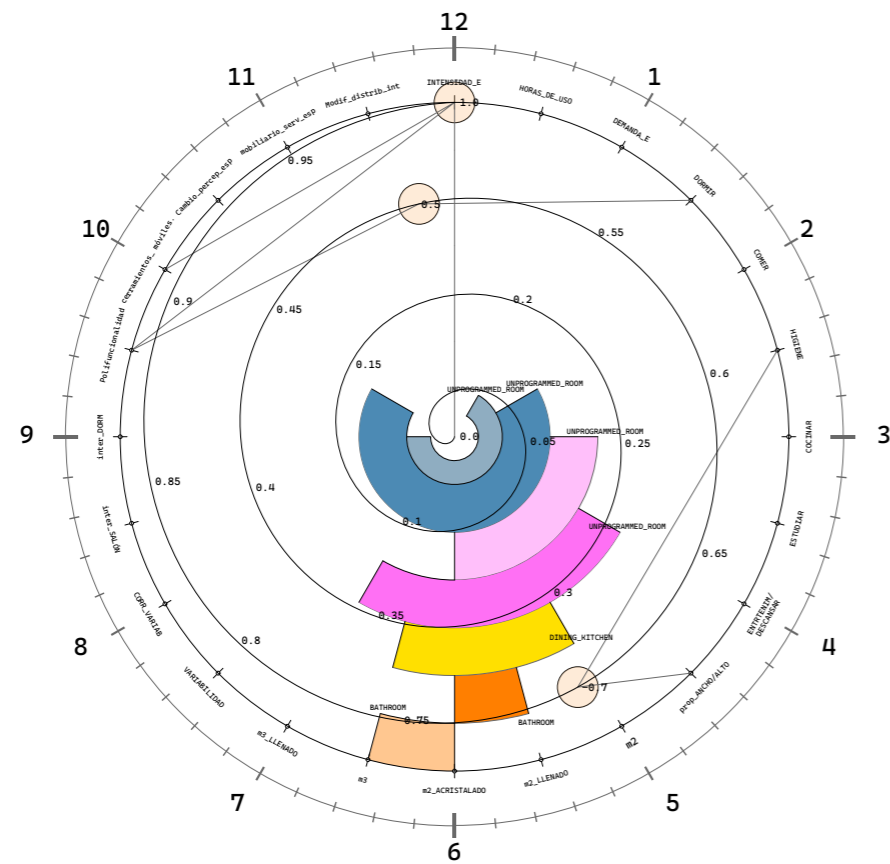
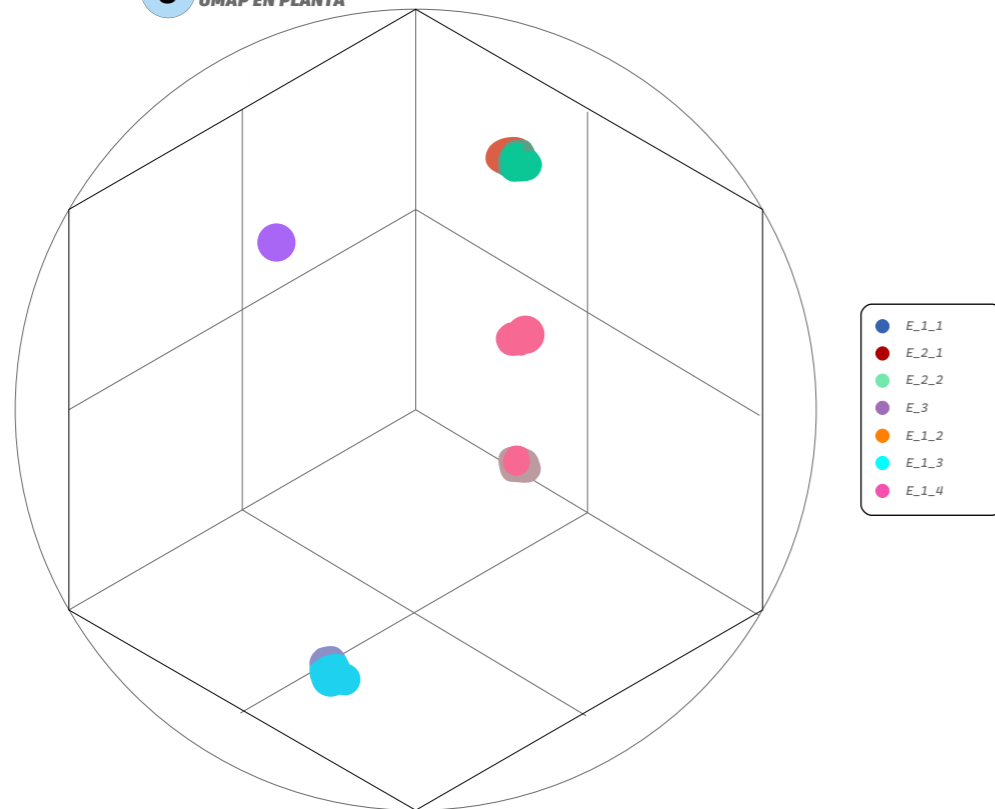


Figura 41: Elaboración propia, Documentación y planos, Arch Daily (2021) <https://www.archdaily.com/968030/collective-housing-110-rooms-maio>



6 CLUSTERING UMAP EN PLANTA



7 CLUSTERING UMAP EN PLANTA

###

Resultados del análisis
110 Rooms

Ubicado en Barcelona, se plantea en este edificio entre medianeras un sistema de habitabilidad que ofrece distintas tipologías de vivienda, ampliables o reducibles por medio de cerramientos móviles. Ofrece un total de 8 tipologías diferentes que encajan entre sí formando puzzles en planta. Dispone de los espacios de baño y cocina en la zona central donde alrededor se articulan diferentes espacios cuadrados sin programa aparente.

Conclusiones siguiendo los parámetros de análisis.

1. Dado el planteamiento arquitectónico es razonable pensar que los cerramientos móviles juegan un papel fundamental para el juego de su distribución en planta. Es por ello que también resulta razonable que el resultado del valor correlativo entre [Polifuncionalidad] y [cerramientos_móviles] es igual a 1, por lo que se trata de una correlación perfecta.

2. Otro valor a considerar se encuentra en relación con los baños, que presentan una alta correlación inversa ($r=-0.7$) respecto a la variable [proporción_ancho_alto] en planta. Lo que puede llevar a entender que, para un grado correlativo tan elevado respecto a este planteamiento residencial, requiere de sacrificar otros espacios teniendo estos una forma que admita menos variaciones al no poder inscribirse formas cuadradas en estos.

3. La Visualización UMAP no muestra unos resultados excesivamente esclarecedores, dado que las agrupaciones que se generan únicamente se relacionan con espacios de su misma función, sin responder a ningún tipo de conexión con su tipología. Tal vez el empleo de otros criterios o parámetros de análisis hubiera llegado a aportar alguna información adicional de mayor valor.

Figura 42: Elaboración propia

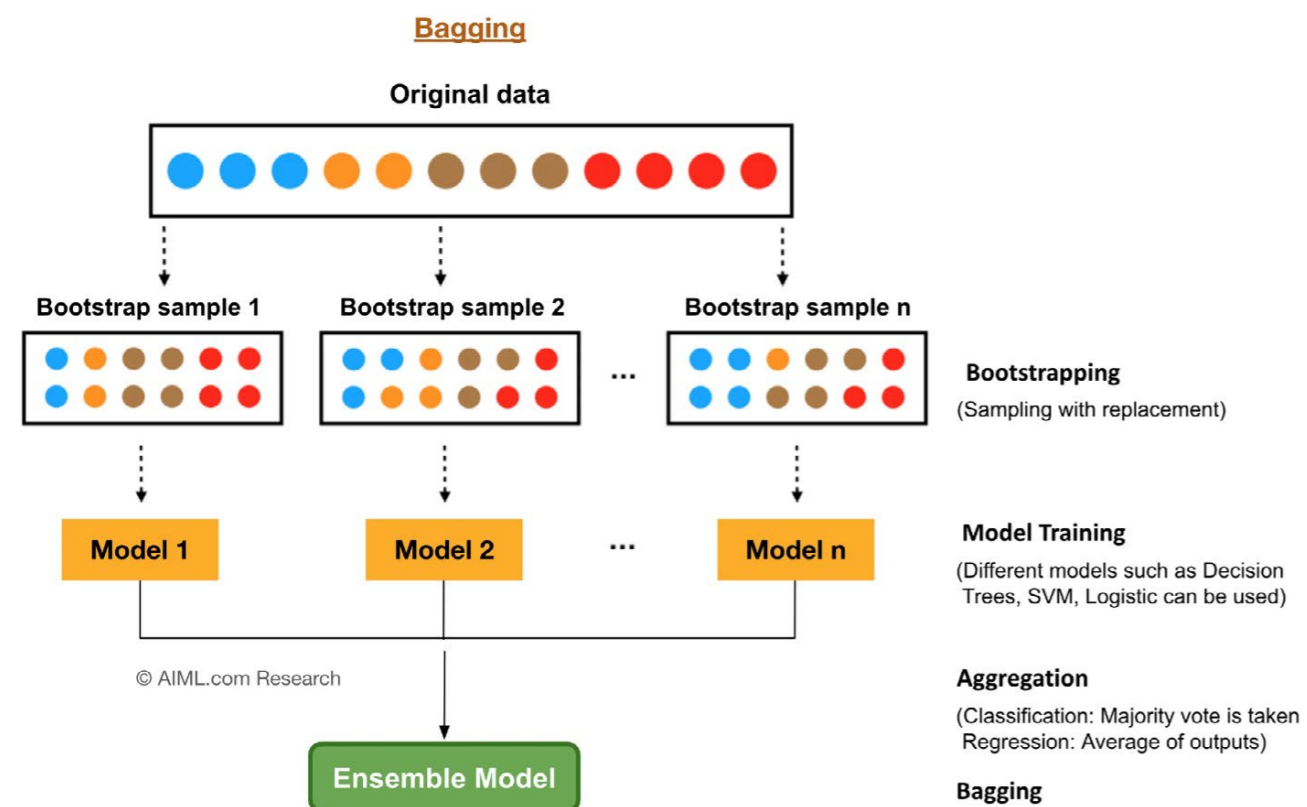


Figura 43: AIML. (2023) What is Bagging? Fuente. <https://aiml.com/what-is-bagging/>

4.2 Bagging, la Internet de la Construcción

⁴⁰IBM (s.f.) Fuente: <https://www.ibm.com/topics/bagging#:~:text=Bagging%2C%20also%20known%20as%20bootstrap,be%20chosen%20more%20than%20once.>

El concepto de *Bagging*, conocido como *Bootstrap Aggregating*, es una técnica de ensamble utilizada en *machine learning* para mejorar la precisión modelos predictivos. A pesar de que estos métodos de aprendizaje no han sido abordados en esta investigación, pueden ser una vía de interés para la gestión de tareas múltiples y recursos simultáneos.

Registrar con mayor precisión la información de tareas, decisiones, causas y consecuencias en la construcción puede ser un cambio con el que mejorar y adaptarse resulte más sencillo, pero si además existe la posibilidad de filtrar, categorizar esa información (por plazos de obra, planificaciones exitosas o restricciones frecuentes, desarrollando flujos que determinen cuál es la mejor herramienta para cada tipo de información), y llevar así a cabo procesos de obtención de datos y filtrado automático, puede suponer una aún mayor sofisticación del ecosistema.

El desarrollo de nuevas formas de entender la información que rodea a la arquitectura puede ser uno de los retos que se planteen en las próximas décadas. A pesar de ser un terreno en gran parte inexplorado, lejos de ser un problema, puede verse como un reto para dar pie a nuevas formas de expresión, creatividad y resolución. Es por ello que estar atento a nuevas posibles formas de ver el mundo puede ser crucial para la búsqueda de mejorar y progresar conjuntamente.

CONCLUSIONES

Como objetivo principal propuesto al inicio de la investigación, se pretendía estudiar un conjunto de sistemas previamente empleados en el sector de la arquitectura y la construcción para su planificación y seguimiento para así fusionar estas prácticas con el mundo de la información y la ciencia de datos. De este modo, crear un prototipo que abarcara las distintas etapas de un proyecto en relación con las herramientas y los métodos a emplear. Tanto para entender y comunicar mejor el desarrollo colaborativo de un proyecto, como para registrar esa información y generar un ciclo de aprendizaje constante.

Si se observa entonces los sistemas relacionados con la Ciencia de Datos y se analiza su aplicación con las diferentes etapas establecidas, podríamos reconocer que el empleo de metodologías de planificación como el *Lean Construction* junto con el empleo de sistemas como los hipergrafos puede ser un proceso de enriquecimiento del flujo de datos, llevando esto a una escala mayor podría verse como lienzos virtuales, que sirvieran de planificaciones colaborativas e incluso pudieran estar ligados a sistemas BIM y otros modelos.

Los sistemas de ciencia de datos para el análisis arquitectónico suponen una nueva vía por descubrir y su apoyo puede ser objeto de aplicación creativa para diseñar y construir de una manera más eficaz y resiliente. No obstante, cada una de las etapas planteadas en este prototipo, están aún lejos de ser comprendidas en todo su esplendor. Es en su desarrollo a futuro donde pueden aparecer nuevas vertientes y vías que actualmente no somos capaces ni tan siquiera de imaginar.

En el mundo contemporáneo, la arquitectura se enfrenta desafíos sin precedentes debido al vasto y complejo panorama de información disponible. La gestión eficaz de esta abundancia de datos se ha convertido en una tarea crítica. En este contexto aparecen nuevas herramientas poderosas para recopilar, analizar y visualizar grandes volúmenes de información. Sin embargo, la implementación exitosa de estas herramientas en la arquitectura requiere de una metodología (o un ecosistema) que pueda canalizar esta *infraestructura informacional*. Esto implica no solo la recopilación y análisis de datos relevantes, sino también la interpretación de los resultados para monitorizar el proceso. La visualización de datos juega un papel crucial en este proceso, permitiendo a los profesionales identificar patrones, tendencias y áreas de mejora en un proyecto arquitectónico.

Cada una de las fases que se llevan a cabo en un proyecto arquitectónico tiene la capacidad de ser objeto de estudio a través de la Ciencia de Datos, la asimilación de esta información, adaptada al aprendizaje computacional, da la posibilidad de operar de la manera más precisa y llegar a tomar decisiones puedan prevenir una gran cantidad de problemáticas posible derivadas de la falta de comunicación o desconocimiento.

La información ha sido, a lo largo de la historia, una componente esencial para el progreso humano. En el ámbito de la arquitectura, la comunicación se erige como una base fundamental para delimitar correctamente el diseño y la ejecución exitosa de cualquier proyecto. Desde planos hasta modelos digitales, la información ha sido un pilar sobre el cual se sustentan las decisiones para un buen desarrollo arquitectónico.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

Wolfram, Stephen. (2020) *A Project to Find the Fundamental Theory of Physics.*

Douglas, Evan. (2009) *Autogenic Structures.*

Ohno, Taiichi. (1978) *Toyota Production System.*

Ries, Eric. (2011) *Lean Startup.*

Altuna Charterina, Gaizka, et al. (2020) *Prototipar: cómo industrializae casi cualquier arquitectura.*

Aragüez, José (2016) *The Building*

Carpo, Mario. (2011) *The Alphabet and the Algorithm.*

Carpo, Mario. (2017) *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence.*

Dai, Qionghai, et al. (2023) *Hypergraph Computation,*
Fuente: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-99-0185-2>
(Consultado: 25.05.2024).

TRABAJOS ACADÉMICOS

Álvarez Pérez, Miguel Ángel (2020) *La implantación del sistema de valor objetivo y los métodos de contratación colaborativa (TVD e IPD) en el proceso edificatorio en España.*

Raposo Sánchez, Blanca (2021) *Visualización de datos, procesos comunicativos en la arquitectura*

González Rodríguez, Sergio (2023) *Aqualignum: caracterización experimental de sistemas higromórficos*

Bas Gandía, David (2019) *La vivienda transformable*

ARTÍCULOS, PUBLICACIONES, ENTREVISTAS

Zabala-Vargas, S. (2023) *Big Data, Data Science, and Artificial Intelligence for Project Management in the Architecture, Engineering, and Construction Industry: A Systematic Review.* Fuente: <https://doi.org/10.3390/buildings13122944>

Pons, Juan Felipe; Rubio, Iván. (2019). *Lean Construction y la planificación colaborativa.* Fuente: <https://www.cgate.es/pdf/LEAN%20CONSTRUCTION%20PDF%20Web.pdf> (Consultado: 25.05.2024).

Pons, Juan Felipe; Rubio, Iván. (2014). *Introducción a Lean Construction.* Fuente: <https://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction-1.pdf> (Consultado: 25.05.2024).

Pons, Juan Felipe; Rubio, Iván. (2021). *Lean Constructio, las 10 claves del éxito para su implantación.* Fuente: <https://www.cgate.es/pdf/LEAN%20CONSTRUCTION%20PDF%20Web.pdf> (Consultado: 25.05.2024).

Arayici, Yusuf. (2015) *Building Information Modeling.* Fuente: https://www.academia.edu/39895302/Building_Information_Modeling (Consultado: 25.05.2024).

Macho Stadler, Marta. (2002) *¿Qué es la topología?* Fuente: <https://www.ehu.eus/~mtwmastm/sigma20.pdf> (Consultado: 25.05.2024).

Bilal, Muhammad (2016) *Big Data in the construction industry: A review of present status, opportunities, and future trends* Fuente: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2016.07.001> (Consultado: 25.05.2024).

Yan, Hang (2020) *Data mining in the construction industry: Present status, opportunities, and future trends* Fuente: https://www.researchgate.net/publication/342575768_Data_mining_in_the_construction_industry_Present_status_opportunities_and_future_trends

Leskovec, Jure (2010) *Mining of Massive Datasets*

El croquis (2008) N°139 SANAA, Kazuyo Sejima, Ryue Nishizawa

VÍDEOS

BioTuring Webinar. (2021). *A Practical Guide to UMAP by its author John Healy.* YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=YevCnRd61f8&t=963s>

code_your_own_AI. (2022). *Aplicar código UMAP 2022: reducción dimensional de incrustaciones con Python, Colab Jupyter NB.* YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=yZvN0vSRlaQ>

DATAtab. (2023). *Hierarchical Cluster Analysis [Simply explained.* YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=8QCBl-xdeZI&list=LL&index=16&t=431s>

Matematica II B. (2020). *Clase 24 Python: Clustering jerárquico.* YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=VnM4BxIYEa4&list=LL&index=26&t=646s>

Brainxyz (2020) *Create a Universe From a Simple Rule - Simulation Hypothesis I Mandelbrot I #javascript.* YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=mzizK6ms-gY&list=LL&index=44&t=658s>

Codigo Maquina (2021) *Correlación de Pearson y cómo crear Mapas de Calor de la Matriz de Correlaciones con Python.* YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=IBMrXyTR6CU&list=LL&index=45>

Coder Space (2023) *Map of Natural Numbers in 3D* <https://www.youtube.com/watch?v=SdsVwo5S-K4&list=LL&index=77>

Brainxyz (2022) *Create Artificial Life From Simple Rules - Particle Life #simulation #programming #javascript* <https://www.youtube.com/watch?v=OKx4Y9TVMGg&list=LL&index=82&t=1s>

Enthought (2018) *UMAP Uniform Manifold Approximation and Projection for Dimension Reduction SciPy 2018* <https://www.youtube.com/watch?v=nq6iPZVUxZU>

StatQuest with Josh Starmer (2017) *StatQuest: Hierarchical Clustering* <https://www.youtube.com/watch?v=7xHsRkOdVwo&list=LL&index=15>

PÁGINAS WEB

UMAP <https://umap-learn.readthedocs.io/en/latest/#> (Consultado: 25.05.2024).

Cisco Annual Internet Report (2018-2023) Fuente: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annualinternet-report/white-paper-c11-741490.html> (Consultado: 25.05.2024).

IBM <https://www.ibm.com/topics/dimensionality-reduction>

Tech Target (2024) *What is data mining?* Fuente: <https://www.techtarget.com/searchbusinessanalytics/definition/data-mining#:~:text=Data%20mining%20is%20the%20process,make%20more%20informed%20business%20decisions.>

Datatab *Statistic Calculator* Fuente: <https://datatab.net/statistics-calculator/cluster/hierarchical-cluster-analysis-calculator>

Wolfram physics project (2020) <https://www.wolframphysics.org/technical-introduction/>

```

108 scaled_CS_data = StandardScaler().fit_transform(CS_data)
109 embedding = reducer.fit_transform(scaled_CS_data)
110
111 # Crear DataFrame con los resultados de UMAP
112 umap_df = pd.DataFrame(embedding, columns=['EJE_A', 'EJE_B', "EJE_C"]) # Cambiar a tres
113 umap_df['ESPACIOS'] = CS['ESPACIOS']
114 umap_df['Original_Index'] = CS['ACCION'] # Cambiar a la columna 'ACCION'
115
116 # Visualizar en 3D con Plotly Express
117 fig = px.scatter_3d(umap_df, x='EJE_A', y='EJE_B', z='EJE_C', color='ESPACIOS', hover_name='
118 Original_Index')
119 fig.update_layout(title='UMAP projection of CASA dataset (3D Visualization)')
120 fig.show()
121
122 #I1H VISUALIZACIÓN UMAP "HAMMER"
123 import numpy as np
124 from sklearn.datasets import load_digits
125 from sklearn.model_selection import train_test_split
126 from sklearn.preprocessing import StandardScaler
127 import matplotlib.pyplot as plt
128 import seaborn as sns
129 import pandas as pd
130 import io
131 %matplotlib inline
132
133 import umap
134 import umap.plot
135 # Parámetros UMAP
136 reducer = umap.UMAP(n_neighbors=15, min_dist=.1, metric='euclidean', n_components=2)
137
138 # Parámetros DATASET
139 CS_data = CS[["DORMIR",
140 "COMER",
141 "HIGIENE",
142 "COCINAR",
143 "ESTUDIAR",
144 "ENTRETENIM/DESCANSAR",
145 "prop_ANCHO_ALTO",
146 "m2",
147 "m2_LLENADO",
148 "m2_ACRISTALADO",
149 "m3",
150 "m3_LLENADO",
151 "VARIABLEIDAD",
152 "CORR_VIRTUAL_VARIAB",
153 "inter_SALÓN",
154 "inter_DORMITORIO",
155 "inter_COCINA",
156 "inter_LAVADO",
157 "inter_COMEDOR",
158 "Polifuncionalidad",
159 "cerramientos_móviles.",
160 "Cambio_perceptivo_espacios.",
161 "mobiliario_servidor_espacio."].values
162
163 scaled_CS_data = StandardScaler().fit_transform(CS_data)
164
165 from sklearn.impute import SimpleImputer
166
167 # Imputar valores NaN con la media
168 imputer = SimpleImputer(strategy='mean')
169 scaled_CS_data = imputer.fit_transform(scaled_CS_data)
170
171 # Aplicar UMAP
172 embedding = reducer.fit_transform(scaled_CS_data)
173 embedding.shape
174 (333, 2)
175
176 # Crear el DataFrame con los resultados de UMAP
177 umap_df = pd.DataFrame(embedding, columns=['EJE_A', 'EJE_B'])
178 umap_df['ESPACIOS'] = CS['ESPACIOS']
179 umap_df['Original_Index'] = CS['ACCION'] # Cambiar a la columna 'ACCION'
180
181 # Agregar la columna 'Original_Index' como texto en los puntos
182 fig = px.scatter(umap_df, x='EJE_A', y='EJE_B', color='ESPACIOS', text='Original_Index') #
183 Cambiar a 'Original_Index'
184
185 # Personalizar la apariencia del texto
186 fig.update_traces(textposition='top center', textfont=dict(size=10, color='black'))
187
188 # Configurar el diseño de la figura
189 fig.update_layout(title='UMAP Projection', xaxis_title='EJE_A', yaxis_title='EJE_B')
190
191 # Mostrar la figura
192 fig.show()
193
194 #I1G VISUALIZACIÓN INTERACTIVA 3D
195 import plotly.express as px
196 import umap.umap_as_umap
197 from sklearn.preprocessing import StandardScaler
198 import pandas as pd
199
200 # Cargar y procesar los datos
201 CS = pd.read_csv("../content/drive/MyDrive/ARCHIVOS DE PROGRAMACIÓN/I_GARY
202 CHANG_PULCRO_04_30.csv")
203 CS = CS.dropna()
204 CS['ESPACIOS'].value_counts()
205
206 # Configurar UMAP con 3 componentes
207 reducer = umap.UMAP(n_neighbors=15, min_dist=0.1, metric='euclidean', n_components=3) #
208 Cambiar a 3 componentes
209 CS_data = CS[["DORMIR", "COMER", "HIGIENE", "COCINAR", "ESTUDIAR", "ENTRETENIM/DESCANSAR", "
210 prop_ANCHO_ALTO", "m2", "m2_LLENADO", "m2_ACRISTALADO", "m3", "m3_LLENADO", "VARIABLEIDAD",
211 "CORR_VIRTUAL_VARIAB", "inter_SALÓN", "inter_DORMITORIO", "inter_COCINA", "inter_LAVADO",
212 "inter_COMEDOR", "Polifuncionalidad", "cerramientos_móviles.", "Cambio_perceptivo_espacios.",
213 "mobiliario_servidor_espacio.", "Modificación_distribución_interior"].values
214
215 scaled_CS_data = StandardScaler().fit_transform(CS_data)
216
217 embedding = reducer.fit_transform(scaled_CS_data)
218
219 # PLOTEAR
220 # Mapeo de los valores de "ESPACIOS" a los índices de la paleta de colores
221 mapping = {"A": 0, "B": 1, "C": 2, "D": 3, "E": 4, "F": 5, "G": 6, "H": 7, "I": 8, "J": 9}
222
223 # Obtener los colores correspondientes a cada punto en el gráfico de dispersión
224 c = []
225 for label in hover_data['label']:
226     if 'A' in label:
227         # Etiqueta concatenada encontrada, tratémosla como un caso especial o ignorémosla

```

```

226 # Por ejemplo, podemos asignar un color específico a las etiquetas concatenadas
227 c.append('grey') # asignar color gris
228 else:
229     c.append(sns.color_palette()[mapping[label]])
230
231 # Leyenda de los colores de los espacios
232 legend_labels = ['A', 'B', 'C', 'E', 'F', 'G', 'H', 'I', 'J'] # Etiquetas de la leyenda
233 legend_colors = [sns.color_palette()[mapping[label]] for label in legend_labels] # Colores
234 correspondientes
235 plt.legend(legend_labels, loc='upper right', title='ESPACIOS', markersize=2, fontsize=10,
236 titlefontsize=12)
237
238 # Gráfico de dispersión con los colores asignados
239 plt.scatter(
240     embedding[:, 0],
241     embedding[:, 1],
242     c=c # Utilizar los colores obtenidos del mapeo
243 )
244
245 # Visualizar la conectividad de los puntos en el gráfico UMAP
246 umap.plot.connectivity(mapper, show_points=True)
247 plt.show()
248
249 plt.gca().set_aspect('equal', 'datalim')
250 plt.title('UMAP projection of the CS dataset', fontsize=24);
251 umap.plot.connectivity(reducer, edge_bundling='hammer')
252 umap.plot.points(mapper)
253

```

ANEXO - CÓDIGO FUENTE

Nota: Código desarrollado para la visualización de los casos de estudio, correlación y visualización UMAP interactiva. Elaboración propia, ejecutado en Google Colab

