UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID

Posibilidades y límites del uso de los datos urbanos y la geografía del comportamiento y la percepción (behavioural geography) para la generación evolutiva de proyectos de diseño urbano.

TESIS DOCTORAL

Presentada para optar al título de Doctor por:

Daniel Sarasa Funes
Ingeniero Superior en Telecomunicación

Madrid, 2024

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
ARQUITECTURA DE MADRID

Doctorado en Proyectos Arquitectónicos Avanzados

Posibilidades y límites del uso de los datos urbanos y la geografía del comportamiento y la percepción (behavioural geography) para la generación evolutiva de proyectos de diseño urbano.

TESIS DOCTORAL

Presentada para optar al título de Doctor por:

Daniel Sarasa Funes
Ingeniero Superior en Telecomunicación

Bajo la dirección de:
Dr. Ginés Ignacio Garrido Colmenero
Dr. Javier Monclús Fraga

Madrid, 2024

Título: Posibilidades y límites del uso de los datos urbanos y la geografía del comportamiento y la percepción (behavioural geography) para la generación evolutiva de proyectos de diseño urbano.

Autor: Daniel Sarasa Funes

Programa de Doctorado:Doctorado en Proyectos Arquitectónicos Avanzados

Dirección de tesis:

Dr. Ginés Ignacio Garrido Colmenero, Catedrático, ETSAM / Universidad Politécnica de Madrid (Director)

Dr. Javier Monclús Fraga, Catedrático, EINA / Universidad de Zaragoza

Revisores externos:

Tribunal de tesis:

Fecha de defensa:

RESUMEN

La tesis presenta un conjunto mínimo de herramientas para un diseño urbano evolutivo del espacio público comercial, incluyendo su capa digital. Dicho instrumental básico consiste, esencialmente, en una metodología de diseño iterativa alimentada por datos de flujos de actividad humana provenientes de fuentes público-privadas.

La hipótesis principal de la investigación es que el diseño urbano evolutivo basado en datos de actividad puede a optimizar la producción de espacios físicos y servicios digitales, y que los recursos para poner en marcha este tipo de prácticas innovadoras están al alcance de la mano de los equipos de diseño.

La necesidad de que los proyectos de diseño urbano se realicen a través de métodos iterativos se justifica a través de la caracterización de la ciudad como un sistema complejo y abierto, la crítica de las limitaciones del diseño urbano determinista en ese contexto y las posibilidades de los principios metodológicos ágiles y *lean start-up*.

La conveniencia de basar la iteratividad del diseño en datos de actividad humana se fundamenta a través de la construcción de un marco teórico en el que, aplicando un enfoque energético, se argumenta que el espacio construido es en gran medida producto de cómo los diversos tipos de flujos interaccionan con el espacio urbano.

Asimismo, la inclusión de la componente psicológica y perceptiva en los datos a tratar por el diseñador se sustenta en el estudio de las actuales técnicas psico-geográficas, uno de cuyos campos de aplicación más avanzado lo constituyen los centros comerciales de última generación.

Para la implementación de un sistema básico de analítica de datos de actividad que incorpore la componente perceptiva son necesarios datos personales de origen mixto -público y privado-. Por ello, la tesis incluye un análisis práctico del estado del arte de un tipo de sistemas experimentales llamados *sandbox* de compartición de datos público-privados, así como de la normativa de ámbito europeo que los regula.

Con todo ello, se presenta la aplicación de los recursos y principios metodológicos iterativos a varios proyectos de diseño del espacio público comercial. Junto a ello, se desarrolla una metodología evolutiva de diseño urbano digital en 4 fases (identificativa, especulativa, experimental y de pivotaje), y se presenta un prototipo de *sandbox* de datos. Aunque cada uno de los ejemplos ilustran sólo de manera parcial el uso de los recursos, herramientas y metodología propuestos, el conjunto muestra el camino para seguir investigando en pos de una metodología evolutiva generalizable a un conjunto más amplio de proyectos más allá del espacio público comercial.

ABSTRACT

The objective of the thesis is to present a set of innovative tools for an evolutionary urban design of the commercial public space -both physical and digital-. This toolkit consists of an iterative design methodology fed by data of flows of human activity from public-private sources.

The main hypothesis of the research is that an evolutionary urban design based on activity data can optimize the production of physical spaces and digital services, and that the resources to implement such innovative practices are within the reach of design teams.

The need for urban design projects to be carried out through iterative methods is justified through the characterization of the city as a complex and open system, through the critique of the limitations of deterministic urban design in that context, and through the possibilities of agile and lean start-up methodological principles.

The thesis first develops a theoretical framework to support the convenience of sustaining the methodology on human activity data. Applying an energetic approach, it is argued that built space is largely a product of the interaction of flows with the urban fabric.

Secondly, a study of psychogeographic techniques already applied in new shopping centers is developed. They support the inclusion of the psychological and perceptive component in the data feeding the design project.

As conclusions, we present the application of iterative methodological resources and principles to several commercial public space design projects. Along with this, an evolutionary methodology of digital urban design in 4 phases (identifying, speculative, experimental and pivoting), and a prototype data sandbox are developed. Although each of the examples only partially illustrate the use of the proposed resources, tools and methodology, the whole set shows the way for further research towards an evolutionary methodology applicable to a wider set of projects beyond the commercial public space.

ÍNDICE

Resumen/Abstract 4
Indice 6
Agradecimientos 11
Prefacio 13

TESIS

[1] INTRODUCCIÓN 19

[1.1] Contornos de la Problemática Urbana 21

[1.1.1] Complejidad e incertidumbre 21
[1.1.2] Datos en el espacio de flujos 22
[1.1.3] La Experiencia subjetiva 24

[1.2] Objetivos 25

[1.2.1] Objeto 25
[1.2.2] Hoja de ruta 27
[1.2.3] Hipótesis 27

[1.3] Justificación y Organización 29

[1.3.1] Pertinencia: la ciudad global, digital y sostenible 29
[1.3.2] Método 33
[1.3.3] Estructura y selección de ejemplos 35

[2] ESTADO DE LA CUESTIÓN 39

[2.1] Diseño Urbano en la era Digital 41

[2.1.1] Los nuevos laboratorios 45
[2.1.2] Diseño de la capa digital 47
[2.1.3] Innovación en procesos 48

[2.2] Diseño Iterativo 50

[2.2.1] La ciudad como sistema complejo 53
[2.2.2] Metodologías ágiles y pensamiento lean start-up 54

[2.3] Herramientas 55

[2.3.1] Agentes y sujeto 55
[2.3.2] *Big data* urbano 56
[2.3.3] Geografía dinámica de la percepción 58

[3] ANÁLISIS DE FLUJOS Y DISEÑO URBANO **65**

[3.1] Urbanismo y Flujos de Actividad **68**

[3.1.1] El enfoque termodinámico 70
[3.1.2] Adaptación disipativa 73
[3.1.3] Diseño urbano y equilibrio estacionario 74
[3.1.4] La entropía espacial como indicador en el proyecto de diseño urbano 78

[3.2] La Ciudad Red **80**

[3.2.1] El valor del espacio público 81
[3.2.2] Nodos ocultos de actividad 86
[3.2.3] Generación de proyectos a partir de nodos ocultos de actividad 88
[3.2.4] *Big data* para caracterizar las micro-dinámicas urbanas 92

[3.3] Algoritmos para Diseñar la Ciudad **96**

[3.3.1] Inteligencia Artificial en el proyecto de diseño urbano 96
[3.3.2] La algorítmica de la materia y la energía 98
[3.3.3] La ciudad era el "algoritmo" 100

[4] DISEÑO URBANO Y PSICOLOGÍA **105**

[4.1] Psicogeografía 106

[4.1.1] La dimensión emocional situacionista 108
[4.1.2] Elementos para la creación de ambientes 110
[4.1.3] El espacio público digital 113
[4.1.4] El ejemplo de la Milla Digital 115

[4.2] La representación y caracterización del Espacio Psicológico **119**

[4.2.1] Una aproximación low-tech a la perspectiva del usuario 119
[4.2.2] Construcción de la imagen mental colectiva 122
[4.2.3] Tipos y aplicaciones de los mapas mentales 125

[4.3] Analítica y Cartografía de los Sentimientos **127**

[4.3.1] Textos e imágenes 129
[4.3.2] Distancia percibida 129
[4.3.3] Construcción y propiedad del mapa mental colectivo 132
[4.3.4] Escenarios de descorporeización en relación al espacio urbano 133

INDICE

[5] COMPARTICIÓN DE DATOS PÚBLICO-PRIVADA Y DISEÑO URBANO **137**

[5.1] *Big Data* Urbano **139**

[5.1.1] Tecnología y organización 140
[5.1.2] Consideración de bien público 141
[5.1.3] Procesos canónicos y específicos 142
[5.1.4] Contexto europeo 146

[5.2] Análisis crítico de *Toronto Tomorrow* **147**

[5.2.1] Espacio público 148
[5.2.2] Movilidad 151
[5.2.3] Servicios e infraestructuras digitales 154
[5.2.4] Innovación u gobernanza 156
[5.2.5] Conclusiones 157

[5.3] Límites y posibilidades del nuevo marco normativo europeo **162**

[5.3.1] Introducción a la European Data Act 162
[5.3.2] La European Data Act en el contexto urbano 164
[5.3.3] Introducción a la Data Governance Act 166
[5.3.4] Nuevas figuras de interés para la governanza del dato 167

[6] PROTOTIPO DE UN *SANDBOX* DE DATOS PARA EL DISEÑO ÁGIL DEL ESPACIO PÚBLICO COMERCIAL **171**

[6.1] Uso de Indicadores en Proyectos de Diseño Urbano **172**

[6.1.1] Modelado y diseño generativo 173
[6.1.2] Caracterización espacial indirecta 176
[6.1.3] Evaluación y medida 177

[6.2] Mínimo Producto Viable **180**

[6.2.1] Flujos e indicadores esenciales de actividad 182
[6.2.2] Fuentes de datos básicas 183
[6.2.3] Visores de bajo coste 186

[6.3] Validación experimental **188**

[6.3.1] Metodología 188
[6.3.2] Ejemplo de uso: evaluación en actuaciones *top-down*: Paseo Comercial de C/ Delicias 189
[6.3.3] Consideraciones finales 196

[7] CONCLUSIONES **201**

[7.1] Resultado del Análisis Previo **202**

[7.1.1] Contexto e influencias históricas 202
[7.1.2] Marco de análisis: termodinámica y psicogeografía 204
[7.1.3] Marco de la síntesis: límites y posibilidades del *big data* urbano 206

[7.2] Metodología **207**

[7.2.1] Fase (previa) identificativa 208
[7.2.2] Fase especulativa 211
[7.2.3] Fase experimental 214
[7.2.4] Fase de pivotaje 220
[7.2.5] Recursos: *sandbox*, laboratorios y perfiles 226

[7.3] Futuras líneas de trabajo **232**

[7.3.1] Conexión con la planificación estratégica y la gestión urbana 234
[7.3.2] El arte de la visualización de datos 236
[7.3.3] Gobernanza del dato y derechos digitales 238

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA **242**

AGRADECIMIENTOS

A Michael Joroff, profesor del MIT, quien desde que le presenté la idea en 2015 de construir un prototipo de un sistema de compartición de datos para su uso en el diseño urbano me animó a ponerlo en marcha sin demora.

A José Carlos Arnal, mi compañero en aventuras profesionales y editoriales -juntos hemos co-escrito "Etopia Centro de Arte y Tecnología" y "Ciudad abierta, ciudad digital"- por acercarme a los lienzos sobre los que dibujé muchas de las ideas que figuran en esta tesis.

A mi equipo en Fundación Zaragoza Ciudad de Conocimiento, especialmente a los compañeros que han formado o forman parte del Datalab -Guillermo Malón, Breogán Sánchez y Fran Dolz- por su trabajo en el tratamiento, analítica y representación de datos de la parte experimental de este trabajo.

Al Ayuntamiento de Zaragoza, especialmente a mi compañera en su Servicio de Ciudad Inteligente Ana Jiménez, que colaboró conmigo en el proyecto de indicadores CityKeys, y sin cuyo impulso y eficiente gestión de los proyectos compartidos sacar tiempo para realizar esta investigación hubiese resultado tarea imposible.

A mis dos co-directores, Ginés Garrido y Javier Monclús, por su paciente labor de revisión y consejo tanto respecto a la escritura de la tesis como, sobre todo, a la lectura de textos con que alimentar mi trabajo.

A mi familia y a mis padres, que me han animado y regalado tiempo sin restricciones para poderme concentrar en mi investigación y que, a cada obstáculo con que me he encontrado en la tesis, me han escuchado y prestado consejo.

A mi tío José Andrés Funes (*in memoriam*) quien siempre me aconsejó estudiar arquitectura.

PREFACIO

DISEÑO URBANO DIGITAL ÁGIL Y DE BAJO COSTE.
UNA METODOLOGÍA ITERATIVA DE PROYECTOS PARA EL ESPACIO PÚBLICO COMERCIAL BASADA EN *BIG DATA*.

La tesis se debe en gran parte a la influencia intelectual del extraordinario -y probablemente irrepetible- grupo de científicos y urbanistas agrupados bajo el nombre de Comité Internacional de Expertos en Innovación Urbana de Zaragoza.[1] Presidido por William J. Mitchell hasta su muerte, el Comité sugirió la creación de un "centro de arte y tecnología" descrito por Peter Hall -su último presidente- en los siguientes términos: "el paralelismo más cercano es quizás una versión digital de la Bauhaus, la gran escuela de diseño alemana de los años 20 que extendió el mensaje del diseño modernista al mundo". La ciudad de Zaragoza decidió llamar a este centro "Etopia Centro de Arte y Tecnología" en homenaje al fallecido Mitchell.[2]

Los principios metodológicos de diseño urbano presentados en la investigación pretenden en último término servir a un futuro centro de diseño urbano -a crear en el seno de Etopia- para diseñar políticas, servicios y lugares. Todo ello sustentado en el conocimiento que los datos obtenidos de múltiples fuentes urbanas pueden proporcionar. Sugerido a la ciudad de Zaragoza originalmente por Manuel Castells, conforme avanzaron los trabajos del Comité, la idea del laboratorio se convirtió en algo recurrente. El propio Castells le sugirió al alcalde aprovechar la oportunidad de tener en Zaragoza a tan relevante grupo de expertos para crear un instituto de diseño urbano digital que reuniera a la vez la excelencia académica internacional y la ejecución de proyectos específicos en la ciudad; esa institución podría tener además el valor adicional de ser una de las primeras en el mundo dedicada específicamente a los desarrollos que la tecnología digital empezaba a proponer en el diseño urbano y la arquitectura. Para ello Zaragoza tenía la oportunidad -así lo veía Castells- de tener al frente de ese proyecto a la mayor figura mundial en ese campo como era William J. Mitchell.

Mi compañero -primero en el Ayuntamiento de Zaragoza y después en las dos aventuras editoriales que supusieron los libros "Etopia [...]" y "Ciudad abierta, ciudad digital"- José Carlos Arnal recogió abundantes notas sobre las sesiones del Comité a lo largo de los años. Al respecto del IDUD recuerda que "la estrategia del laboratorio urbano aparecería una y otra vez -a veces de forma explícita y otras como única deducción posible- en las conversaciones del Comité. Fue probablemente Castells el que muy al principio de todo nos previno contra la tentación de teorizar antes de ejecutar. Su consejo era el opuesto: empezar a realizar proyectos y actuaciones concretas y sobre esa experiencia práctica construir un conocimiento útil para continuar haciendo proyectos y mejorándolos" (2023).[3]

Entre otros legados, la labor del Comité cristalizó en el proyecto "Etopia Centro de Arte y Tecnología", edificio de 16.000 m^2 en la confluencia de la nueva Estación Intermodal de Delicias y la entrada Oeste a Zaragoza. Paradójicamente, su puesta en marcha coincidió con el fin del propio Comité, lo que motivó que pareciera oportuno publicar las principales ideas del Comité en relación al centro. Así pues, y a modo de manual de uso para guiar los primeros -y no siempre fáciles- pasos de la andadura de Etopia se concibió el libro "Etopia Centro de Arte y Tecnología" (Arnal,

[1] Constituido en 2003 para asesorar a la ciudad en la transformación urbana hacia una economía digital e intensiva en conocimiento, la actividad del Comité se prolongó durante diez años, hasta 2013. Sus miembros iniciales fueron, por orden alfabético: François Bar, Manuel Castells, Dennis Frenchman, Peter Hall, Pekka Himanen, Veronique Kleck, MIchael L. Joroff, Ángela López, Guido Martinotti, William J. Mitchell y Saskia Sassen.

[2] William J. Mitchell escribió "*e-Topia. Urban Life Jim -But Not As We Know It*" (Mitchell, 1999).

[3] Correo electrónico entre José Carlos Arnal y el autor de fecha 20 de junio de 2023.

Sarasa y Gistaín 2011). En él no nos olvidamos de apuntar que "en el ámbito de la ciudad inteligente, Etopia contará con un centro de investigación y formación sobre diseño urbano digital sostenible, que será un foco de generación de conocimiento sobre la propia evolución del concepto de ciudad inteligente desde una perspectiva arquitectónica y urbanística".

En el título de la tesis figura también la noción de agilidad. La necesidad de que las administraciones públicas se adapten de manera rápida a las cambiantes condiciones de contorno que la digitalización y la globalización imponen ha constituido una de las mayores preocupaciones para este investigador desde hace mucho tiempo. Como ocurre a menudo, esta preocupación nace de una experiencia personal. Cuando los atentados del 11 de septiembre de 2001 sacudieron el mundo me hallaba trabajando para una gran empresa tecnológica, la estadounidense Lucent Technologies, heredera de la histórica AT&T y propietaria, entre otros valiosos activos tecnológicos, de los los Bell Labs (fundados por Alexander Graham Bell, celebérrimo inventor del teléfono).

Las turbulencias económicas que siguieron -y que habían empezado con el estallido, un año antes, de la burbuja de las "punto com"- acabaron de empujar pendiente abajo a una gran parte del sector tecnológico más tradicional, incluida Lucent y la gran tecnológica canadiense Nortel. Unas empresas de un incalculable capital tecnológico pero lentas en su respuesta a los cambios -entre otras cosas, no supieron ver el irresistible auge de Internet-, y cuya hegemonía sería consecuentemente desafiada -después de todo, es así como funcionan los mercados- por empresas emergentes como Google, o Facebook, destinadas a tomar el relevo.

Si esa crisis de los mercados tecnológicos truncó mi carrera profesional dentro de una de las principales empresas tecnológicas a nivel mundial, siete años después -en septiembre de 2008- la siguiente crisis me encontraría recién incorporado al Ayuntamiento de Zaragoza para desarrollar el proyecto de la Milla Digital -un distrito de innovación de 100 Ha en los nuevos terrenos generados gracias a la llegada de la alta velocidad a la ciudad- que solo esperaba el fin de la Exposición Internacional de 2008 para ponerse en marcha. Sin embargo, el mismo día de la clausura de la Exposición Internacional de Zaragoza sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible, se produjo la quiebra de la firma financiera internacional Lehman Brothers -como en 2001, los cierres de firmas empezaron un año después de detectarse los primeros problemas en el mercado hipotecario- y se desató la posterior crisis sistémica, que al poco tiempo derivaría en crisis social y democrática.

Ese súbito empeoramiento de la situación económica en 2008 detuvo en seco muchos de los planes urbanísticos de las ciudades, obligadas a revisar prioridades y a atender urgentes necesidades sociales y en materia de empleo. En Zaragoza, los planes para desarrollar el la Milla Digital en los terrenos que la sociedad Zaragoza Alta Velocidad poseía en los aledaños de la Estación Intermodal de Delicias se pospusieron *sine die*, dando así al traste con la posibilidad de materializar buena parte de las recomendaciones del Comité para transformar la economía de la ciudad usando

para ello el planeamiento urbanístico y el diseño urbano.

Más recientemente, en 2020, el mundo se vio azotado por la pandemia del COVID-19, que puso de manifiesto la necesidad de un súbito replanteamiento de políticas urbanas. A diferencia de 2008, en 2020 la respuesta en términos de políticas públicas resultó notablemente más rápida, probablemente favorecida por la gravedad de la situación económica y por una mayor laxitud en numerosos contextos normativos -desde la regulación del espacio público hasta las reglas financieras provenientes de Europa-. En 2020, la mayor parte de las ciudades enfocaron la recuperación económica tras la pandemia con atrevidas apuestas de revitalización del espacio público -peatonalización, instalación de terrazas en zonas de aparcamiento regulado, mercadillos ambulantes-, así como distintos mecanismos de apoyo al pequeño comercio y la hostelería.

Entre ambas crisis de 2008 y 2020, casi todas las ciudades de tamaño medio o grande experimentaron tensiones en diferentes ámbitos de la gestión urbana, provocadas por la irrupción de plataformas digitales como Uber, AirBnB, Deliveroo, o Amazon. Gigantes tecnológicos mucho más ágiles que las administraciones responsables de regular los sectores -movilidad, vivienda, hostelería, o comercio- donde dichas plataformas operan. Todo ello, la capacidad de respuesta de las administraciones locales frente a las crisis inesperadas o ante la irrupción de las plataformas digitales en los servicios de su competencia, está en el origen de la motivación para dotar a las políticas de diseño urbano, físico y digital, de mayor agilidad.

Si algún poso me han dejado estas crisis, es la intuición acerca de la futilidad -y quizás, también de la imposibilidad- de intentar modelar -con el objetivo último de predecir- un sistema complejo, interconectado y de naturaleza imprevisible como es nuestra sociedad urbana y digital. Y de la observación del aterrizaje en territorio urbano de las plataformas digitales queda, además, la atención máxima al asunto de las políticas urbanas basadas en datos, pues si hay un rasgo común a todas las plataformas es su uso intensivo de la ciencia de datos para crecer. Hoy en día, la defensa de lo público -y la ciudad es uno de los activos más preciados de la "cosa pública"- exige que las administraciones compitan con similares armas.

Es probable que el IDUD -si es que alguna vez se llega a materializar- no estará, ni de lejos, a la altura de las altas expectativas de sus ideólogos, los miembros del Comité de Zaragoza. Ello no es óbice para que este investigador ponga en la empresa todos los esfuerzos posibles. Por consiguiente, esta tesis doctoral no deja de tener una componente instrumental, pues todo laboratorio necesita una metodología. Establecer sus principios básicos, sustentarla en experimentos reales y documentarla para poder ser posteriormente criticada y adaptada a otros contextos, constituyen el eje central del trabajo.

Así pues, la tipología de la tesis es metodológica -la metodología es el principal producto y objetivo-. Ahora bien, en su hoja de ruta la tesis responderá a una serie de

cuestiones que se antojan de la máxima importancia. Entre las primeras respuestas buscadas, por qué innovar en procesos supone un avance en el diseño urbano hoy en día, y por qué los enfoques iterativos son el camino.

Junto a ello, el marco de análisis planteado, basado en el análisis de flujos de actividad humana y en la dimensión psicológica en relación con el entorno urbano, nos obliga a dotarnos de un instrumental básico: los sistemas de compartición de datos entre lo público y lo privado. Unos sistemas de datos que es necesario construir y usar de acuerdo a la normativa aplicable para salvaguardar importantes derechos tanto personales como industriales.

La tesis ilustrará, finalmente, los ámbitos de aplicación de la metodología y su instrumental, y junto a ello, los problemas que aparecen de dicha aplicación y cómo resolverlos -siquiera parcialmente- en la práctica. Para ello, al margen de numerosos ejemplos de proyectos de pequeño alcance -pero de primera mano-, nos interesa conocer las lecciones que arrojan las experiencias de aquellos que han intentado antes que nosotros hacer un urbanismo basado en datos. Por ello, la investigación se detendrá en profundidad en un caso de estudio que aporta numerosas lecciones: el malogrado proyecto *Toronto Tomorrow* de Google. Con ocasión de mi participación en congresos y symposiums, he tenido la oportunidad de viajar a Toronto en tres ocasiones en los últimos años.

Paseando por la orilla del Lago Ontario, de Oeste a Este, desde su funcional terminal de ferris hasta los desaliñados terrenos de las *Docklands* donde se hubiese ubicado la visionaria promoción de Google, y flanqueado siempre por la gigantesca serpiente gris que constituye a pocas manzanas la autopista Gardiner Express, uno no puede evitar pensar en cómo muchas ciudades tratan -quizás desesperadamente- buscar un proyecto que las diferencie, que las haga brillar en la constelación urbana global. Como ocurre a menudo en la naturaleza -y como saben bien Zaragoza y Toronto- el hecho de que la probabilidad de fallo sea alta no impide a las ciudades emprender este tipo de aventuras innovadoras. Y dado que, de los fracasos se aprende tanto, o más, que de los éxitos, y puesto que el proyecto poseía algunos objetivos coincidentes con la tesis -realizar de manera práctica un urbanismo de datos- su elección como principal caso de estudio está más que justificada.

Las conclusiones alcanzadas en este trabajo validan, a mi juicio, la hipótesis fundamental de la tesis consistente en que es posible realizar un diseño urbano ágil basado en datos a un coste razonable. Sin embargo, casi nada hay escrito previamente sobre ello, lo que unido a que las experiencias consignadas en la tesis son a menudo incompletas y al fracaso de Google en Toronto, llevaría a arrojar dudas razonables sobre la empresa. A pesar de ello, confio en que, precisamente, el hecho de que la metodología presentada se alimente de fracasos previos y los utilice para su mejora, resulte a la postre mucho más interesante desde el punto de vista investigador.

INTRODUCCIÓN

DISEÑO URBANO DIGITAL ÁGIL Y DE BAJO COSTE.
UNA METODOLOGÍA ITERATIVA DE PROYECTOS PARA EL ESPACIO PÚBLICO COMERCIAL BASADA EN *BIG DATA*.

Objeto, procesos y herramientas son elementos claves de todo proyecto, y conviene precisar de antemano el enfoque que la tesis adopta respecto a cada uno de ellos.

Comenzando por el **objeto de diseño**, y puesto que la ciudad de hoy es física y digital, o "átomos y bits" (Mitchell, 1999), la tesis se ocupa de ambas capas. Este enfoque integrado supone un avance en la disciplina, ya que el diseño urbano físico y digital se encuentran en la actualidad desacoplados: el diseño urbano como tal se concentra en el diseño del espacio construido, y, la ingeniería -telecomunicaciones e informática- diseña los servicios digitales.

Respecto a los **procesos de diseño**, se pretende adaptar la disciplina a la creciente importancia del sujeto. Para ello, se incorporan la influencia y representación de los aspectos perceptivos y psicológicos en relación al espacio público físico y digital. Asimismo, la tesis explora, justifica e implementa de manera práctica la aplicación de metodologías iterativas en proyectos.

A nivel de **herramientas**, se pretende justificar la pertinencia de la aplicación de las ciencias de datos a los proyectos de diseño urbano, asunto que se abordará mediante una aproximación energética al análisis de flujos. Asimismo, se explorarán los límites y posibilidades de dicha analítica de datos en base al nuevo contexto normativo europeo en materia de uso de los datos privados para fines públicos.

Finalmente, en cuanto al **campo de actuación** de los análisis y propuestas que aquí figuran, se ha escogido el comercio de proximidad.[1] El hecho de contar con experiencia directa en proyectos de diseño de espacios y servicios en este campo ha permitido constatar la utilidad de las propuestas metodológicas que se realizan en la investigación. En particular, cómo la metodología y herramientas propuestas pueden cubrir ciertos huecos a nivel de procesos en la praxis actual.

Dotar a los profesionales, académicos e investigadores de nuevas herramientas para comprender el espacio público comercial y así actuar mejor sobre él, y demostrar que tales medios pueden implementarse de manera relativamente sencilla y con un coste reducido, constituye la principal motivación de esta investigación.

Como disciplina clave en pos de la mejora de nuestra sociedad urbana, se sugiere que el diseño urbano tiene aún potencial de mejora si acierta a incorporar algunos de los avances provenientes del mundo digital como las metodologías evolutivas y el uso avanzado de datos para monitorizar el impacto inmediato de los proyectos. Y aunque este investigador tiene claro el tipo de ciudad en el que le gustaría vivir, las herramientas presentadas son agnósticas tanto en cuanto al resultado formal de los proyectos como a sus objetivos.

[1] Esta elección se sustenta en dos razones principales: en primer lugar, porque se trata de una actividad que desencadena dinámicas urbanas saludables y generadora de prosperidad y, por tanto, reconocida como un activo de importancia capital para el funcionamiento de la ciudad que debe ser apoyado (Sevtsuk, 2020:3-5). La segunda razón es de índole práctica: las políticas urbanas de fomento del comercio de proximidad han constituido un campo de trabajo cercano, lo cual ha permitido contar con datos y experimentación de primera mano para la elaboración de la tesis.

[1.1] CONTORNOS DE LA PROBLEMÁTICA URBANA

Para situar con algo más de precisión la tesis en relación a la problemática urbana, se establecen tres contornos de dicha problemática: la ciudad como sistema complejo e incierto, la ciudad como un espacio donde los flujos o interacciones se materializan en la construcción de estructuras físicas, y la ciudad como una red social formada por individuos cuya dimensión psicológica en relación al espacio físico y digital que habitan debe ser comprendida, medida e incorporada en su diseño.

La formulación del segundo de estos contornos ya ha desvelado que la ciudad se entiende como una gran red social -producto de la superposición de muchas otras redes- que acaba formando un sistema complejo. Éste, a su vez, puede ser descrito a través del análisis de flujos de actividad humana que incluyan la componente perceptiva. Dentro de este gran sistema complejo, el espacio público comercial desempeña un papel de conector y activador de dinámicas sociales y económicas fundamentales, lo que justifica situar ahí el foco de la tesis.

[1.1.1] Complejidad e incertidumbre

Del asunto de la complejidad urbana se deriva la principal aportación de la tesis: la necesidad de abordar el proceso de diseño urbano mediante metodologías iterativas -metodologías que en la tesis se denominan, indistintamente, "evolutivas"-. Alexander fue pionero en demostrar la relación entre ciudad y complejidad desde la óptica matemática. A tal fin utilizó la teoría de grafos para describir las estructuras urbanas en términos de semi-celosías, un tipo de grafos caracterizados por su elevado grado de conectividad (1965). Una relación entre ciudad y complejidad que, en términos no matemáticos, ya había sido señalada por Jacobs (1961).

La insuficiente aceptación de las implicaciones proyectuales de la complejidad urbana explica dos problemas en la praxis habitual: el excesivo uso de modelos y la preponderancia de las metodologías secuenciales -o "en cascada"-, ambos derivados de un enfoque demasiado determinista. Ya en la primera mitad del siglo XX se intuyeron las dificultades de este enfoque para abordar el problema urbano, dada la imposibilidad de predecir científicamente la evolución de los sistemas sociales (Popper, 1957),[2] grupo al cual las ciudades pertenecen (Mumford, 1961). De ello se deriva que la modelización, simulación y predicción de los ecosistemas urbanos quedarían fuera del alcance de la ciencia. El problema de resolver la ciudad pasa así de ser un "problema estructurado" según la terminología de Simon (1973), a constituir un "problema enrevesado" que no parece poder ser abordado con éxito mediante métodos computacionales (Dorst, 2006).[3]

Una salida a este aparente callejón epistemológico la constituyen los métodos iterativos en los que los cambios se realizan incrementalmente. El ingeniero que así procede, explica Popper, "sabe que solo puede aprender de sus errores. [...] procederá paso a paso, comparando con cuidado los resultados esperados con los resultados ob-

[2] Aunque la primera edición en inglés de *The Poverty of Historicism* data de 1957, fue gestado mucho antes: el propio Popper en el prólogo explica que finalizó el manuscrito en 1937 e, incluso, que las principales ideas de la obra datan de 1920.

[3] Al menos con métodos computacionales tradicionales.

tenidos, siempre atento a las inevitables consecuencias indeseadas de cada reforma; y evitará llevar a cabo reformas de tal complejidad y alcance que hagan imposible discernir causas y efectos, y saber lo que realmente está haciendo" (1957, 64).[4] A este respecto cabe añadir que ni siquiera el recurso masivo a los datos parece en disposición de superar esta limitación para el modelado de sistemas complejos. Aunque hay margen para mayor integración de los datos en las políticas urbanas, se ha de reconocer igualmente sus límites. Como señalan Buhigas y Sola-Morales (2023) citando al filósofo Hubert Dreyfus (1992), la creencia ciega en los datos crea en nuestro imaginario dos dogmas: el "ontológico", según el cual "existen datos discretos, explícitos, y determinados sobre los fenómenos del mundo", y el "epistemológico", que cree en que "todo comportamiento y todo conocimiento puede ser formalizado en términos de alguna regla" traducible a un algoritmo o modelo. Consciente de estas limitaciones, mediante el recurso a las metodologías iterativas la tesis tratará de buscar vías realistas de aplicación de la analítica de datos al proyecto de diseño.

De todo lo anterior se deriva una conclusión práctica, el uso de datos en la tesis no tiene como objetivo principal alimentar modelos -aunque podrían servir para ello-, sino el contraste cíclico del funcionamiento de los prototipos en campo. El proyecto ejecutado en sucesivas espirales de prueba y error se convierte así en fuente fundamental de conocimiento. Y si la primera aportación de la tesis se refiere al uso de metodologías iterativas al diseño urbano, la segunda preconiza el uso de los datos urbanos en dos momentos: antes del proyecto, para determinar su localización óptima -uno de los problemas de la disciplina (Elrahman y Asaad, 2021)-, y en cada iteración, ya que tras cada cambio es preciso medir sus efectos, y comparar éstos con unos objetivos previamente establecidos.

[1.1.2] Datos en el espacio de flujos

Dada su importancia en la metodología propuesta, procede precisar el concepto de "datos urbanos" en, al menos, tres aspectos: escala, papel en las decisiones, y naturaleza.

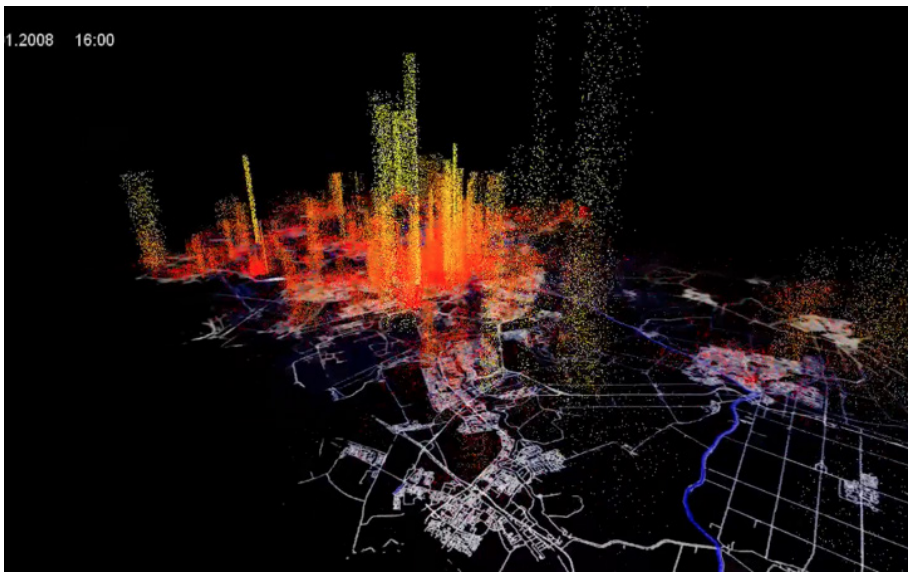
A gran escala, se ha argumentado convincentemente cómo el elevado grado de urbanización de nuestro planeta, unido a la consideración de la estructura urbana como una intrincada red de redes superpuestas e interconectadas unas con otras, implican la formación de una "sociedad red" (Castells, 1996) con manifestaciones urbanísticas particulares. Estos estudios han revelado hasta qué punto los diversos flujos (de capital, información, bienes, conocimiento, personas, etc) circulantes por los enlaces de esas redes globales habían alumbrado ya a finales del siglo pasado la llamada "arquitectura del fin del milenio".[5] Una arquitectura que se manifiesta con mayor rotundidad allí donde el intercambio de dichos flujos es mayor: grandes nodos de comunicaciones, centros financieros, o parques tecnológicos, por ejemplo. Como sugiere la visualización artística de los flujos de información de la [figura 1.1], y como muestra también el análisis termodinámico del urbanismo del capítulo 3, son

[4] Un método que Popper denomina "ingeniería del poco a poco" (*piecemeal engineering*) y que confronta con el -a su juicio- quimérico "método utópico" determinista.

[5] Aunque para la tesis no es tan relevante la forma de esta arquitectura como los lugares donde aparece, resulta conveniente precisar que Castells describe esta "arquitectura del fin del milenio" como "la representación espacial de los intereses dominantes globales, transversales a las culturas". Una arquitectura postmodernista, "acultural y ahistórica (sic)", que no presta atención al *genius loci* y que busca la "armonía formal" a base de ´"una mezcla de elementos" provenientes de todas las épocas históricas trascendiendo así la historia. Puede servirse de todas las etapas históricas, según Castells, porque constituye "la arquitectura del fin de la historia".

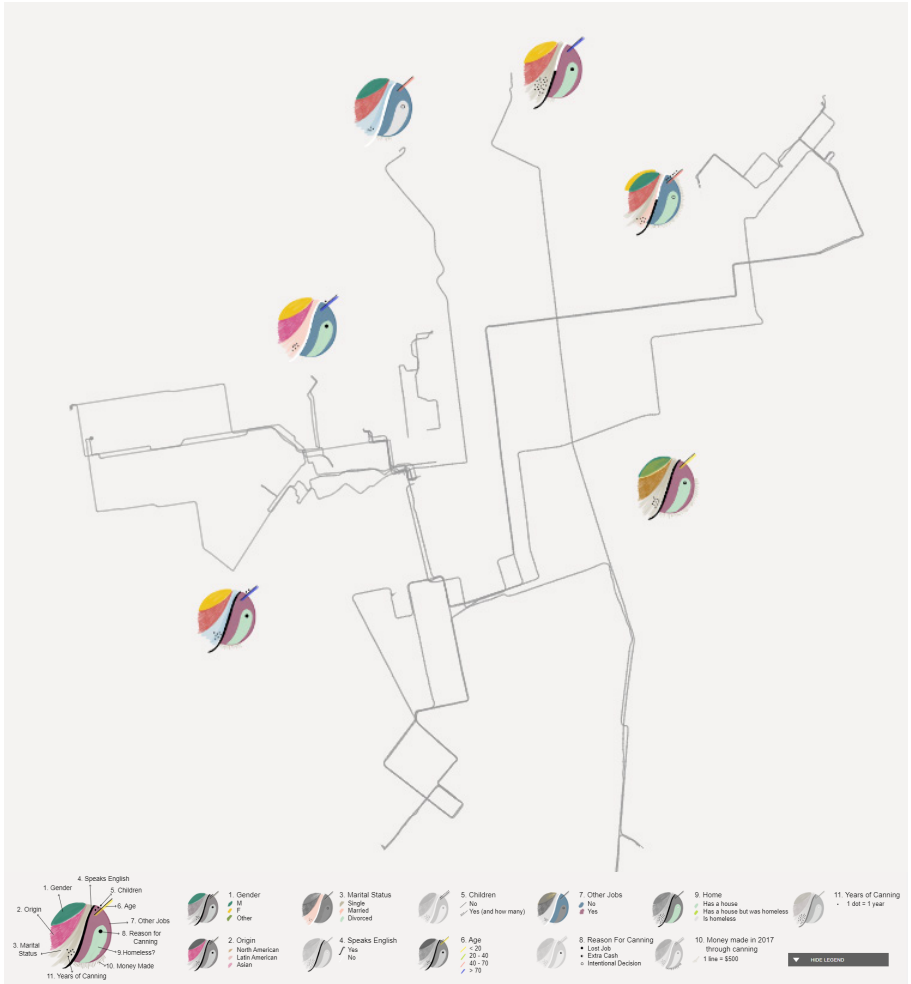
[figura 1.1]

Visualización “Amsterdam SMS” de Aaron Koblin, realizada a base del análisis de millones de mensajes de texto simples cuya intensidad se refleja en la altura de los edificios. Realizada en 2007, es un clásico de la visualización de datos urbanos por su capacidad para comunicar de manera potente cómo los flujos de información se relacionan con la arquitectura. Ver https://zkm.de/en/aaron-koblin



[figura 1.2.]

Proyecto “We Can NYC”, que trata de comprender la situación y problemática de las personas que recogen latas y otra chatarra en la ciudad de Nueva York. El proyecto ejemplifica con elegancia la sencillez de construir un sistema de observación de micro-dinámicas urbanas. Los datos de trayectorias se recogen gracias a la introducción de un simple transmisor GPS en las latas. A notar lo ingenioso del sistema de visualización de múltiples variables y dimensiones socio-económicas, capaz de representar con eficacia tanto las trayectorias físicas como vitales de estas personas. Más información en https://canners.nyc/



los diversos flujos los que suministran gran parte de la energía necesaria para la sostenibilidad de los proyectos.

Sin embargo, el tipo de proyecto en el que se enfoca la tesis trabaja a una escala relativamente reducida. A nivel de micro-flujos resulta particularmente inspirador el postulado de Jan Gehl "primero observar la vida, después diseñar el espacio público, y finalmente construir los edificios, por ese orden" (2013). Un postulado anclado en la observación de la ciudad a nivel de portal, plaza, o calle, y que establece que es preciso observar y, mediante la toma de datos, caracterizar los flujos de transeúntes antes de abordar el diseño de espacios y edificios.[6] Se trata de un sencillo principio metodológico, cuya aplicación práctica se ve precisamente facilitada por el desarrollo de la analítica de datos y de las tecnologías digitales -no necesariamente complejas, como demuestra el ejemplo de la [figura 1.2]- que la acompañan.

El hecho de que tanto el análisis sociológico a escala "macro" como la observación a pequeña escala hayan demostrado que los flujos funcionan como activadores de proyectos arquitectónicos y de diseño urbano, conduce a dos cuestiones subsiguientes:

- la búsqueda de una razón física que pueda sostener esta teoría, para lo que la tesis explora el camino del análisis energético. Con inspiración en algunos de los últimos avances en biofísica (England, 2020) desarrollamos una particular proto-teoría del urbanismo entendido desde la entropía. Un marco que puede ayudar a identificar mejor el tipo de datos urbanos necesarios para incorporar la elección del lugar a la metodología.[7]
- sistematizar la detección de flujos susceptibles de alumbrar oportunidades para proyectos de diseño urbano en lugares "natural" u orgánicamente apropiados. Avanzamos que este será el primer paso de la metodología propuesta.

Junto a la propuesta metodológica, la tesis plantea un escenario concreto de aplicación de la misma: el espacio público -especialmente el comercial-, entendido a la vez como "infraestructura social" de la ciudad (Lathan y Layton, 2019) e infraestructura económica que da soporte a multitud de pequeñas actividades comerciales fundamentales para la economía urbana, y sometido a rápidos y constantes cambios en cuanto a sus necesidades y usos. Ante ello, un urbanista como Patrick Bouchain opina que han de plantearse tanto nuevas estrategias de gobernanza, diseño, construcción y gestión que faciliten la reconfiguración permanente del espacio público comercial, como las herramientas y procesos a disposición del diseñador para conjugar los diversos intereses que suscita (Masboungi, 2020).

[1.1.3] La experiencia subjetiva

En los últimos siglos el sujeto y su subjetividad han ido progresivamente ganando protagonismo en muchas disciplinas hasta constituirse en elemento definitorio del posmodernismo (Kroeze, 2012). Un protagonismo anunciado por la filosofía desde el

[6] Un principio que es de aplicación antes de abordar el proyecto, y que inspira, como se verá más adelante, la primera fase de la metodología propuesta, relativa a la elección de los lugares óptimos para los proyectos.

[7] Contrariamente a lo que de estos primeros trazos pudiera inferirse, la tesis no propone un diseño urbano guiado únicamente por datos, sino que relativiza y matiza el uso de los datos como guía. Por ahora, basta señalar que la intuición del experto -en este caso del experto diseñador-proyectista- derivada de largos años de práctica es fuente insustituible de conocimiento (Schön 1984). En conjunción con ello, los datos e indicadores particulares pueden ayudar a comprender el efecto del proyecto, pero siempre deben interpretarse dentro de un contexto mucho más amplio que solo los expertos conocen bien.

conocido aforismo "no hay hechos, solo interpretaciones" y respaldado por la física, cuya teoría cuántica establece que nada "es" hasta que no es medido u observado. A las razones filosóficas y científicas se les unen tanto las políticas -en forma de demandas democráticas- como las económicas -después de todo, en condiciones de competencia el cliente es quien determina el valor del producto- para situar la perspectiva de usuario como elemento primordial del diseño.

A este respecto, conviene aclarar que a lo largo de la tesis se utiliza a menudo el término "usuario" de manera deliberada para acotar el término más general "ciudadano" a su condición de beneficiario directo de un espacio o un servicio por el hecho de "usarlo". Al diseñar un servicio o espacio, ayuda pensar en cómo los usuarios lo perciben y se pueden servir de él. Pensar en el ciudadano como usuario no supone menoscabo alguno de sus derechos democráticos; al contrario, asegura que los pueda ejercer mejor al estar sus necesidades representadas en el proyecto.

En este sentido, una de las vías de avance de mayor interés para la tesis la constituye la psicogeografía, que propone analizar en términos psicológicos la relación entre las personas usuarias y el espacio construido. Este tipo de análisis puede contribuir de manera efectiva a mejorar la vida de la ciudadanía que usa el espacio, a la vez que hace a ésta más partícipe de la producción de espacios de mayor calidad (Ellard, 2015:221).[8]

[1.2] OBJETIVOS

La probada resiliencia de las ciudades viene dada por su carácter de ecosistemas, formados como resultado de miríadas de mínimas intervenciones y pequeños cambios -muchos de los cuales ocurren de arriba a abajo- y que hacen que la ciudad nunca termine de completarse (Sassen, 2017). A la hora de intervenir en el espacio público o en las infraestructuras aparece la gran cuestión a investigar en la tesis: en qué medida es posible avanzar, por la vía de la práctica, hacia una manera de proyectar más ágil y "evolutiva", en consonancia con la naturaleza de los ecosistemas urbanos.

[1.2.1] Objeto

Así, el objetivo de la tesis es establecer una "caja de herramientas" para proyectos diseño urbano iterativo -o evolutivo-[9] que tengan en cuenta datos de flujos de actividad y la experiencia de usuario -el sujeto y su psicología- y que incluya tanto el espacio físico como su capa digital. Los elementos de esta caja de herramientas son:

- metodología básica
- prototipo de sistema de analítica de datos de flujos de actividad,
- características del lugar para albergar el proceso de diseño-medida-construcción, y
- descripción de perfiles profesionales requeridos.

[8] En el ámbito de la tesis, existen al menos dos motivos igualmente válidos para tener en cuenta la relación entre el espacio urbano y nuestra psique. El primero tiene que ver con aquellas personas que no pueden elegir, o con las situaciones de uso del espacio público que no admiten alternativa. Para las muchas personas que viven o trabajan junto a un espacio público degradado, monótono o asfixiante, se ha sugerido que el espacio público puede convertirse en un productor de emociones negativas con peligrosas consecuencias para la salud, no sólo mental, sino también física (Ellard, 2015:119). El segundo motivo de interés de la tesis por el análisis psicológico del espacio tiene que ver con la propia noción de elección. Si el espacio público necesita usuarios para que funcione como tal, es importante que estos deseen libremente estar en él. Es decir, que elijan usar ese espacio público en lugar de optar por otras alternativas, como cruzarlo rápidamente en coche, o usar espacios privados para actividades equivalentes.

[9] Fue Geddes, un biólogo de formación, uno de los primeros en comprender a principios del siglo XX que las teorías evolutivas se podían aplicar al urbanismo de manera que su planeamiento tuviera un carácter menos determinista y más facilitador. Así, primero estableció el carácter evolutivo del proceso de urbanización y reconoció la necesaria transición desde un presente urbano lleno de problemas a un futuro más armónico -que Geddes llamó era del "neotécnico" o "eutopia"-, para después sugerir que el planeamiento urbanístico -la única vía de acceso a la "eutopia"- debía orientarse más a la canalización de las fuerzas evolutivas que a su confrontación (1971).

Se persigue la adaptación al diseño de ciudad de metodologías de proyectos de carácter iterativo y con fuerte carga experimental como las metodologías ágiles, consistentes -a grandes rasgos- en la implementación de muy cortos ciclos de prueba y error.[10] Se trata de metodologías que han permitido lidiar con eficacia la incertidumbre en el ámbito de la producción de servicios digitales (Zhang, 2021). Además de ofrecer una solución práctica a los problemas derivados de diseñar la ciudad de manera determinista, su aplicación a los proyectos de diseño urbano se sustenta en que también los mercados digitales son altamente cambiantes, inciertos y complejos.

Algunos autores ya habían sugerido previamente que los principios ágiles pueden trasladarse a la producción de arquitectura, al menos en el ámbito del diseño urbano físico e infraestructural (Mehaffy y Stalingaros, 2013). Sin embargo, la literatura es escasa a la hora de desarrollar de manera precisa dicha aplicación. Como ejemplos de aplicación de los principios ágiles al diseño urbano se han sugerido los diseños de Jan Gehl para "Villa 31" (Buenos Aires)[11] o el plan de revitalización urbana y medio ambiental del centro histórico de Asunción (Paraguay) realizado por "Ecosistema Urbano"[12] (Dimitrijevic, 2019). Sin embargo, la supuesta agilidad de dichos proyectos no tiene que ver tanto con el proceso sino con el resultado: viviendas adaptables en el caso de "Villa 31" y uso del urbanismo táctico para revitalizar espacios en el caso de Asunción.

También se ha utilizado el término "ciudad ágil" para expresar la necesidad de que las ciudades adopten estrategias adaptativas que aumenten su resiliencia contra el cambio climático (Russell, 2012). En el mismo texto se asocia el término ágil a las características del *software* de código abierto y se ejemplifica la agilidad en proyectos de diseño urbano que cambian su uso en función de las condiciones climatológicas, como el proyecto *Water Square Benthemplein* en Rotterdam.[13]

La aplicación del término "ágil" a todos estos proyectos merece una cierta crítica puesto que, aunque se puede estar de acuerdo en que algunas de las propiedades señaladas anteriormente -como la adaptabilidad del objeto diseñado, la flexibilidad de usos, la facultad de apropiamiento o reconfiguración por parte de los usuarios o la desregulación-, están en línea con los principios ágiles, no es en el producto donde la tesis quiere poner el foco, sino en el proceso. En rigor, las metodologías ágiles no prejuzgan el resultado final ni sus características -se puede desarrollar ágilmente un producto final extraordinariamente rígido-, sino que se ocupan de que el proceso para llegar a ello sea adaptativo para lidiar con la incertidumbre y los cambios de contexto. Así, la tesis estudiará cómo aplicar las metodologías ágiles en el proceso de diseño, lo que supone un avance respecto al estado del arte.

Aclarado su ámbito de aplicación, hay que señalar que las metodologías ágiles no garantizan por sí mismas diseños sostenibles a largo plazo -entendiendo por "sostenible" aquel espacio o infraestructura que cumple con sus objetivos de utilización-. Por este motivo, en el mundo de las empresas tecnológicas se usan metodologías como el pensamiento *lean start-up* (Ries, 2011). *Lean start-up*, que en esencia supone la apli-

[10] Para una explicación más detallada, ver el capítulo 2.

[11] Consultable en https://nextcity.org/features/embracing-the-paradox-of-planning-for-informality. Accedido el 9 de abril de 2023

[12] Consultable en https://ecosistemaurbano.com/es/plan-cha/. Accedido el 9 de abril de 2023

[13] Consultable en https://journal.hep.com.cn/laf/EN/Y2013/V1/I4/136. Accedido el 9 de abril de 2023

cación del método científico[14] al desarrollo de negocios, es coherente con el carácter evolutivo de los ecosistemas urbanos. Y su complementariedad con las metodologías ágiles, dentro de una metodología evolutiva de diseño urbano más amplia, aventura un camino aún no transitado en proyectos en este campo.

[1.2.2] Hoja de ruta

Para alcanzar su objetivo, la investigación transitará por los siguientes hitos:

1. **Construir un marco teórico** que apuntale:
    a. la necesidad de innovar en procesos dentro de la disciplina de diseño urbano, el papel de los laboratorios urbanos en los proyectos futuros, y la incorporación de la capa digital como objeto de diseño.
    b. la aplicación de los enfoques iterativos para ciertos proyectos de diseño urbano
    c. la inclusión de la elección del lugar dentro del proyecto
    d. la consideración en el proceso de diseño del espacio público comercial de la dimensión psicológica, de su representación y medida
    e. el rol de los datos en el proyecto
2. **Estudiar los datos** necesarios para realizar los proyectos según los principios evolutivos anteriores, sus fuentes, sus características, y las posibilidades y límites que establece la normativa europea en la materia.
3. **Mostrar las herramientas** básicas que han de apoyar estos procesos ágiles de diseño urbano y su viabilidad.
4. **Desarrollar una metodología** iterativa de proyectos de diseño urbano físico y digital basada en datos de actividad. Dicha presentación ilustrará su aplicación en ejemplos concretos de diseño y construcción de prototipos experimentales relacionados con el espacio público comercial, tanto en su vertiente física como digital.

El conjunto supone proporcionar un primer conjunto instrumental de bajo coste -por tanto, viable- válido al menos para ciertos proyectos de diseño urbano y soportado por un marco teórico novedoso, construido *ad-hoc* como parte de la propia investigación.

[1.2.3] Hipótesis

La hipótesis principal que la investigación pretende contrastar es que las metodologías ágiles y el pensamiento *lean start-up*,[15] combinados con el uso del *big data*, pueden dar lugar a proyectos que mejoren la sostenibilidad de los espacios físicos y los servicios digitales en el entorno urbano.[16]

[14] Nos referimos al método inductivo, según el cual primero se establece una hipótesis (en este caso, de negocio) que luego se valida en base a un experimento.

[15] Para una descripción más detallada de las metodologías *lean start-up*, ver el capítulo 2.

[16] Por sostenibilidad nos referimos a la capacidad del proyecto de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer su capacidad para satisfacer las necesidades del futuro, tanto económicas como medioambientales.

Junto a esta hipótesis principal, la tesis se plantea contrastar una serie de hipótesis secundarias o sub-hipótesis:

- **La analítica de los flujos de actividad urbana tiene una utilidad proyectual.** Para mejorar los resultados del proceso de diseño, los datos a emplear en nuestra metodología deben incluir aquellos representativos de flujos de actividad, superando así así la limitación que para los proyectos supone contar solo con datos espaciales, demográficos o socio-económicos (Scott-Brown, 2009).[17]
- **La incorporación al proyecto de analítica de datos personales es viable bajo ciertas condiciones.** En efecto, si se acepta que el espacio público es una infraestructura de marcado carácter social, entonces las interacciones a caracterizar son las de las personas usuarias, y ello implica trabajar con datos de carácter personal. Sugerimos que, si bien este hecho obliga a tomar ciertas precauciones en materia de tratamiento de datos para asegurar el respeto a la privacidad, la reciente normativa europea regulatoria de la política de datos común (Comisión Europea, 2023) ofrece posibilidades aún inexploradas.
- **La construcción de sistemas de compartición de datos de bajo coste es factible.** Consecuencia de lo anterior, proponemos que el proceso de diseño urbano puede beneficiarse de la puesta a disposición del mismo de un un sistema de compartición de datos urbanos -incluidos los de carácter personal- a su vez producidos por las diversas redes que transportan los flujos o interacciones que dan a la ciudad su carácter ecosistémico. Para comprobar dicha hipótesis se ha implementado un primer prototipo de este sistema de compartición de datos, y se ha probado su aplicación en el contexto de la monitorización de proyectos de urbanismo táctico aplicado a la revitalización del espacio público comercial.
- **Incorporar a los sistemas de datos compartidos la caracterización -al menos de una manera básica- de la percepción de los usuarios respecto al espacio público comercial es relativamente sencillo.** Una manera particular de caracterizar las interacciones es a través de cómo las personas perciben y sienten el espacio público que pueblan. Se propone la aplicación del sistema esbozado en el punto anterior para construir el mapa mental colectivo de la ciudad o, al menos, para avanzar en la caracterización psicogeográfica del espacio público. Se sugiere que, mediante la aplicación del análisis psicogeográfico al proceso de diseño, éste puede adaptarse mejor a las necesidades y preferencias de los usuarios.
- **El proceso de diseño mejora cuando se integra en él la construcción iterativa de prototipos.** Ello implica integrar los procesos de diseño y construcción. De la hipótesis metodológica principal -que propone el uso de metodologías iterativas- se deriva la necesidad de incorporar las habilidades constructivas a las habilidades de diseño, puesto que construir y diseñar pasan a formar parte de un único proceso. De manera natural aparece el

[17] A modo de ejemplo, los datos de flujos humanos en una plaza incluirán las posiciones, trayectorias y número de personas a lo largo del tiempo. Se trata de un análisis que debe considerar la variable temporal a pequeña escala (horas, días, semanas, meses…), en consonancia con la naturaleza cambiante y dinámica de los flujos.

concepto de urbanismo táctico como una vía para un diseño urbano iterativo.

- **Los laboratorios urbanos -en su doble condición de ágoras participativas y talleres de trabajo- pueden adoptar un papel más relevante en el proceso de diseño.** Ello tiene que ver con la manera de hacer viable esta involucración de los distintos agentes en este proceso integrado, iterativo y ágil de diseño y construcción del espacio público comercial, tanto físico como digital. Los *fab-labs*[18] pueden resultar claves en esta nueva manera de entender el diseño urbano, pues dichos espacios democratizan el acceso a técnicas de diseño y construcción otrora reservadas para firmas privadas o centros académicos.

La validación de las hipótesis anteriores conformarían así un completo ciclo integrado de trabajo entre tres elementos: el ágora de co-diseño, el laboratorio de fabricación digital y prototipado, y la recolección y analítica de datos en campo.

[1.3] JUSTIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN

La aplicación de estudios cuantitativos de las dinámicas urbanas a pequeña escala de calle o barrio resulta un avance en el actual estado del arte del proceso de diseño urbano ya que, por un lado, los estudios a dichas escalas en base a flujos de actividad han sido hasta la fecha principalmente de índole cualitativa (Lynch, 1960) (Jacobs, 1961) (Whyte, 1980) (Gehl, 2011). En el campo particular de aplicación de la tesis -el espacio público comercial- se ha señalado asimismo la escasez de los estudios acerca de sus micro-dinámicas aplicando ciencia de datos a la combinación de transacciones económicas y tráfico peatonal (Yoshimura et al., 2022).

Finalmente, en lo relativo a sistemas que permitan la medida del éxito de los proyectos de diseño urbano de manera iterativa se ha advertido que "son excepcionales los instrumentos que hoy en día monitorizan activamente una intervención ejecutada para valorar y medir la idoneidad de las actuaciones o su aceptación ciudadana y, en base a esto, reconsiderar las decisiones ya tomadas" (Serrano, Nolasco y Martí, 2022). El conjunto de instrumentos que se presenta en la investigación está destinado, precisamente, a superar este obstáculo práctico.

[1.3.1] Pertinencia: la ciudad global, digital y sostenible

Durante la elaboración de esta tesis, la población mundial alcanzó los ocho mil millones de habitantes (*Our World in Data*, 2021), un 56% de los cuales habita ya en ciudades (Banco Mundial, 2018). Para el año 2050 se prevé que dicho porcentaje aumente hasta el 68% (ONU, 2018) y para el año 2100 hasta el 85% (OECD, 2015).

Mucho antes, ya se había propuesto que el planeta llevaba tiempo instalado en una lógica eminentemente urbana. Desde esa perspectiva, "esa forma llamada ciudad es el resultado de un proceso llamado urbanización" (Harvey, 1996). Es decir, las ciudades son sólo una más de las expresiones de esa nueva urbanidad que todo lo inunda. De ahí que haya quien opine que la habitual división entre población residen-

[18] Laboratorios de fabricación digital. Ver https://fab.cba.mit.edu/. Accedido el 21 de Enero de 2021.

te en ciudades y en el entorno rural no tiene demasiado sentido a la hora de abordar la cuestión urbana. Al menos desde mitad del siglo XX "es dudoso que lo urbano tenga nodos y límites claros" (Brenner, 2014). En su lugar, lo urbano abarca un "conjunto mucho más amplio de territorios, formas, tamaños y procesos."

De acuerdo a lo anterior, parece que, definitivamente, la "ciudad global" ha reemplazado a la "aldea global" que definió McLuhan (2003) y que, por tanto, trabajar la cuestión urbana es prácticamente sinónimo de trabajar en pos de la mejora de nuestra sociedad en su conjunto (Lerner, 2007). No es de extrañar, así, que la mejora de las condiciones de vida en la ciudad, junto a la minimización de su impacto medioambiental, constituyan en la actualidad un campo científico preferente de actuación.[19]

La nueva urbanidad se extiende a lomos de dos fenómenos, la globalización y la digitalización, muy relacionados -principalmente a través de las grandes corporaciones- con la creciente importancia del dato. En efecto, ya a finales del siglo XX, en su trabajo de identificación y caracterización de las nuevas geografías de innovación que estos dos fenómenos estaban impulsando en diversas partes del mundo, Manuel Castells y Peter Hall ya apreciaron el surgimiento de una "nueva forma informacional de gestión" (sic) que anticipaba de alguna manera la aparición de una cultura del dato llamada a influir tanto en el urbanismo como en las decisiones políticas (1994). Una treintena de años después, preguntarse cómo esa cultura del dato puede trasladarse al diseño y construcción de la ciudad constituye uno de los elementos transversales de la tesis.

Se sugiere entender los datos a la vez como herramienta y como infraestructura -en este caso, digital-. En su vertiente de herramienta, los datos son parte consustancial de las innovaciones en procesos propuestas más adelante, puesto que sin datos no hay posibilidad de contrastar el impacto de cada iteración de diseño. En su papel de infraestructura deben entrar a formar parte por derecho propio del objeto de diseño. Ello quiere decir que los propios sistemas de recogida, analítica y explotación de datos urbanos forman parte del objeto a diseñar, al mismo nivel que las calles o las plazas. Como se justificará más adelante, se aconseja que las métricas y su sistema de recogida formen parte de los proyectos. Una aproximación heredada de los proyectos de *software*, donde la práctica de establecer las métricas de éxito antes incluso de programar el código ha demostrado su utilidad (Mäkinen y Münch, 2014).

Acontecimientos como la "primavera árabe" o el 15-M [figura 1.3] revelaron a ojos de la gran mayoría cómo las redes sociales son vectores de propagación de los movimientos políticos. La reciente pandemia del COVID-19 representa la enésima ocasión en que se ha revelado, además, que el incremento de la conectividad física de nuestro planeta derivada de la globalización acarrea una cuasi-total conectividad también económica. Todo ello hace que las crisis se propaguen de un continente a otro con inusitada celeridad [figura 1.4]. Como consecuencia de ello, también el urbanismo debe prepararse para un escenario de crisis permanente.

[19] Aunque esta justificación pudiera parecer generalista, a la hora de considerar la importancia de la innovación en diseño urbano no podemos pasar por alto esta circunstancia, puesto que el diseño urbano constituye -como veremos en el segundo capítulo "Premisas"- una de las herramientas más potentes a disposición de las administraciones públicas tanto para la construcción y cohesión social como para la implementación de políticas medioambientales. La mejora de la ciudad mediante la innovación no puede concebirse sin la innovación en diseño urbano, y esta última precisa de la innovación en procesos.

[figura 1.3]

Fotograma del vídeo "Interacciones entre usuarios 15m" mediante el análisis de más de 500.000 mensajes en twitter en torno al 15M (2011) por el Instituto BiFI de la Universidad de Zaragoza. Se puede ver el vídeo completo en https://www.youtube.com/watch?v=H5w4amBIHj4, para comprobar cómo los flujos de información en redes sociales transmitieron las ideas del movimiento y su propagación a las plazas de diversas ciudades de España, con el consiguiente impacto en el plano físico a través de acampadas y de espacios autoconstruidos.

[figura 1.4]

Propagación del Covid-19 visualizada a través de nodos y flujos. Aunque el origen del virus fuera China, los análisis de grafos sugieren que el nodo más importante de propagación en la fase aguda fue el norte de Italia. (Ver https://medium.com/neo4j/covid-19-with-graphxr-and-neo4j-16ea37686ca5)

Y no sólo la globalización acelera el ritmo al que llegan las crisis, también hace lo propio con la velocidad a la que se propagan las innovaciones. Unas innovaciones que, ya de por sí, surgen cada vez con mayor frecuencia. Desde el ámbito de la movilidad, del comercio, del mercado residencial, o de los servicios financieros, este proceso acelerado de innovación es a menudo impulsado desde corporaciones de rápido crecimiento cuya componente digital se despliega en paralelo a las operaciones de estas mismas corporaciones en el plano físico.[20] La carrera por la búsqueda de nuevas fuentes de energía con las que mantener el crecimiento constituye otro de los motores de la innovación: la transición energética implica cambios en el ámbito urbano y en el espacio público.

En definitiva, **la globalización**[21] ha llevado consigo la homogeneización de los protocolos financieros, administrativos, de comunicaciones, o laborales, permitiendo que la propagación de estas innovaciones -a lomos de la expansión geográfica de las grandes corporaciones- sea cada vez más directa. Las barreras disminuyen todavía más cuando las plataformas son fundamentalmente digitales, lo que les permite operar en prácticamente cualquier ciudad del mundo sin desplegar infraestructura local.[22]

Las principales consecuencias que de este fenómeno de innovación acelerada se derivan para el diseño urbano son la necesidad de acortar tiempos y de adaptarse rápidamente a las cambiantes condiciones de contorno. Para los gestores del espacio público, cualidades como la reconfiguración y la flexibilidad cobran especial importancia. Unas propiedades para las que la compartimentación del planeamiento urbano resulta un lastre (Bettencourt, Samaniego y Youn, 2015) en la medida que dificulta además establecer objetivos transversales, complica la coordinación de obras,[23] normas y procedimientos, y ralentiza la burocracia.

Respecto al alcance de la innovación que pretende aportar esta tesis, es conveniente volver a señalar que no es tanto objeto de la misma el resultado del diseño como el proceso para llegar a él. La importancia de este énfasis en el proceso ha sido anticipada por Koolhaas y Mau (1997):

> *"De haber un 'nuevo urbanismo', éste no estará basado en esas fantasías gemelas como son el orden y la omnipotencia; será puesta en escena de de la incertidumbre; (...) no pretenderá conseguir configuraciones estables, sino la creación de campos habilitadores que puedan acomodar procesos que se resisten a cristalizar en formas estables; (...) ya no estará obsesionado con la ciudad, sino con la manipulación de la infraestructura para intensificaciones y diversificaciones sin fin, para atajos y redistribuciones -la reinvención del espacio psicológico (...)".*[24]

La anterior previsión se apoya en la incertidumbre del contexto urbano y su inestabilidad, así como en el hecho de que la figura del creador (o diseñador) "omnipotente" casa con dificultad con los valores de la sociedad actual. Una sociedad que, en occidente, goza de una conciencia democrática también sin parangón en la historia y que, consecuentemente, exige formar parte del proceso de diseño de ciudad, aun si

[20] Por ejemplo, Amazon opera redes logísticas, AirBnB intermedia entre propietarios e inquilinos de viviendas, y Uber o Cabify en servicios de movilidad. Todas ellas operan mercados físicos a partir de plataformas digitales, una tendencia que parece no tener techo a corto plazo,, con ratios de crecimiento esperados en el comercio online del 50% en el periodo 2021-2025. Además, incluso terminada la pandemia del COVID-19, el número de clientes de las plataformas digitales seguirá potencialmente al alza. Fuente, *Financial Times* (Collback, 2023).

[21] El escenario urbano no puede sustraerse a los fenómenos de la globalización ni a las tensiones que desencadenan. Hoy en día las ciudades son fronteras por las que se conectan los flujos de la globalización: capital, información, bienes y personas que entran y salen por terminales de carga, complejos financieros, centros de datos, estaciones y aeropuertos. Las ciudades son, por tanto, territorios de fricción y de gradientes -diferencias acentuadas entre lugares muy próximos-.

[22] Como ocurre, entre otros casos, con la aplicación de compra-venta de bienes de segunda mano Wallapop.

[23] En los cruces de numerosas ciudades puede observarse cómo, junto a un cuadro de mandos de la red semafórica diferentes departamentos municipales han construido, por citar sólo algunos, un cuadro de mandos de la red de alumbrado, otro de la red de Wi-Fi municipal, otro de la red de bicicletas públicas, etc. Se trata de una incómoda -la densa malla de casetas y cuadros de mano obstruyen a menudo el paso- y poco estética manifestación de la compartimentación de la planificación y gestión urbanas.

[24] Traducción del autor del texto original en inglés.

ello implica ciertos sesgos subjetivos en el proceso de diseño. Sesgos a los que implícitamente Koolhaas y Mau aluden al mencionar el "espacio psicológico", y que se abordarán en el capítulo 4 de la investigación.

Por otra parte, ha de tenerse en cuenta lo que supone el fenómeno de **la digitalización** en todos los ámbitos urbanos, y su relativa escasa influencia en el diseño urbano hasta la fecha. Si la revolución digital es comparable a la Revolución Industrial en cuanto a su impacto en la vida urbana (Batty, 2013), a diferencia de cuando los urbanistas de principios de siglo articularon una respuesta innovadora para enfrentar los desafíos de su sociedad urbana industrial, no parece que lo digital esté cambiando sustancialmente la manera en que se diseña ese "ágora híbrida donde confluyen la ciencia y la sociedad, la política y el mercado" que es el espacio público (Innerarity, 2011:97), ni que hasta la fecha haya conseguido sacar al diseño urbano de un cierto "estado de punto muerto" (Sorkin, 2009).[25]

La tesis pretende estructurar el impacto de la transformación digital en la disciplina en cuatro niveles: los objetos ("qué"), los procesos ("cómo"), los lugares en los que se realizan ("dónde"), y, finalmente, los agentes involucrados en el diseño ("quiénes"). Si bien su aportación se centra en el apartado de procesos, los otros tres niveles estarán presentes también en la investigación. No se puede entender el proyecto ni el proceso sin acotar el objeto de diseño, sus protagonistas, el lugar donde se realiza, y sus herramientas.

El tercer factor determinante en el diseño de las ciudades hoy en día es **la sostenibilidad**. No solo porque gran parte de los proyectos de diseño urbano del presente y del futuro inmediato serán financiados con cargo a fondos en pos de la sostenibilidad ambiental y económica,[26] sino porque la sostenibilidad ambiental es un asunto de máxima importancia social. De hecho, la lucha contra el cambio climático es uno de los principales factores que impulsan la participación de la juventud en los asuntos públicos. Se diría que nos hallamos ante la emergencia de una nueva clase social, la "clase ecológica" (Latour y Schultz, 2022), cuyas aspiraciones no se colman con la mera participación, hasta el punto que "no se puede entender nada de lo ocurrido [en el mundo] en los últimos 50 años si no se coloca el asunto del clima y su negación en un lugar preponderante" (Latour, 2018:2).

El diseño urbano constituye una herramienta potente contra fenómenos globales como el cambio climático y locales como la isla de calor. A gran escala, parece que la aglomeración urbana es un instrumento energéticamente eficiente para acomodar el incremento de la población mundial,[27] aunque la analítica de datos revela que tal afirmación admite matices si nos atenemos a la huella energética de las distintas morfologías urbanas (Resch et al., 2016). Un asunto de gran trascendencia para el diseño urbano, dado el ritmo y volumen de urbanización y crecimiento poblacional en dos gigantes con modelos urbanísticos distintos como India -mayor horizontalidad- y China -mayor verticalidad- (Frolking et al., 2013). En cualquier caso, cuando cambio climático, isla de calor y desigualdad se combinan, aparece a nivel local la pobreza

[25] Otros refutan este diagnóstico aduciendo que recurrir a conceptos tradicionales o ya probados no representa en sí mismo ningún problema a condición de que los diseños funcionen (Talen, 2009).

[26] Con la vista puesta en la sostenibilidad, el Gobierno de España ha publicado la Agenda Urbana Española en https://www.aue.gob.es/que-es-la-aue (accedido el 3 de Enero de 2023) y el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia en https://planderecuperacion.gob.es/ (accedido el 3 de Enero de 2023).

[27] De hecho, se ha sugerido que cuando una ciudad dobla su tamaño, su consumo de energía solo crece en un 85%, es decir, su consumo de energía *per capita* decae (West, 2017). La manera en que las ciudades están diseñadas es clave.

energética, un problema frente al cual el mercado energético no parece tener solución y para cuya gestión, como muestra la [figura 1.5], la ciencia de datos puede suponer una ayuda (Martín-Consuegra et al., 2019).

Complementando la visión anterior, es preciso matizar que la sostenibilidad no está circunscrita al ámbito medioambiental, puesto que la componente económica es igualmente importante. Es, en última medida, el grado de utilización que se hace de los proyectos lo que determina su pervivencia: aquello que no se usa, antes o después, decae. Es pertinente, por tanto, investigar cómo introducir la sostenibilidad así entendida en núcleo del proceso de diseño.

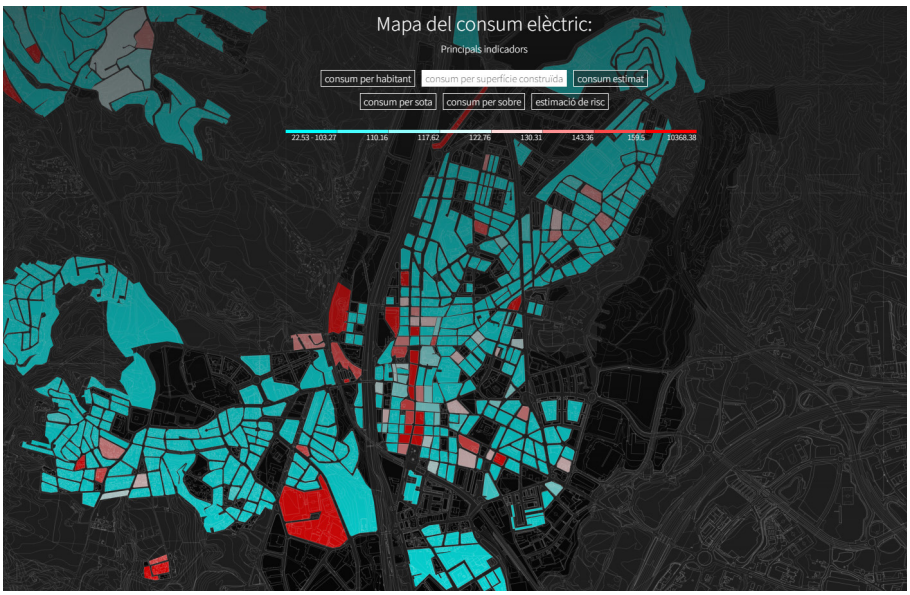
La elección del espacio público comercial para un contraste inicial de nuestra metodología está justificada por el hecho de que allí se dan cita dos grupos de sujetos que representan los intereses contrapuestos de un viejo conflicto urbano: el de la ciudad como teatro social frente a la ciudad como herramienta u objeto logístico al servicio del mercado. En la construcción del marco teórico de la tesis entraremos a fondo tanto en los antecedentes históricos como en la situación actual de ese conflicto, tan antiguo como la propia ciudad.

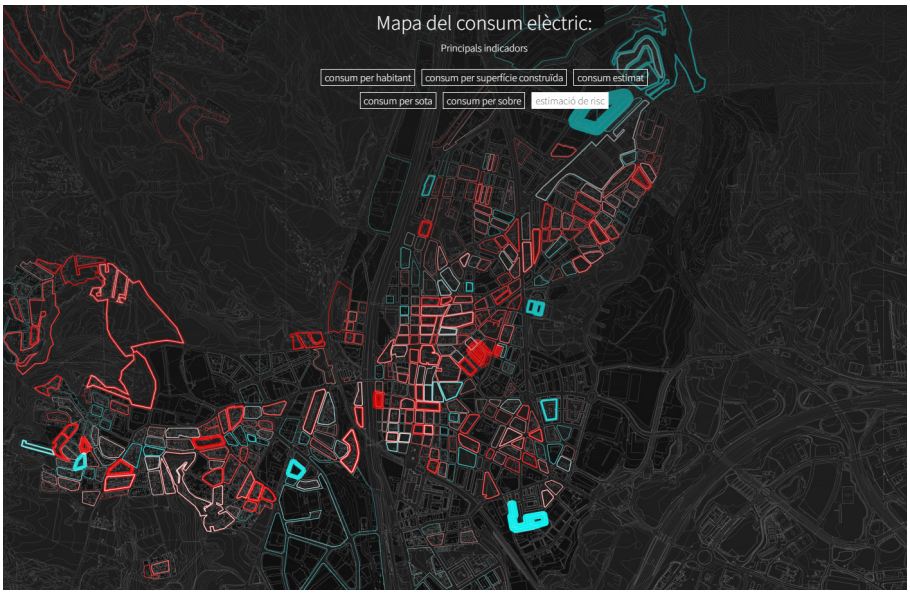
En definitiva, se considera pertinente y necesario el investigar en procesos que permitan diseñar mejor un espacio público comercial que funcione tanto como infraestructura social como económica, en un contexto urbano cambiante e incierto, e incorporar la perspectiva digital -especialmente el *big data*- a nivel de objeto, metodologías y herramientas.

[1.3.2] Método

La investigación comprende el estudio del estado del arte, una fase especulativa y una fase experimental de construcción y medida. En concreto:

- el estudio del **estado del arte** en diseño urbano ha sido realizado a través de la lectura de abundante literatura histórica y contemporánea sobre la disciplina, la preparación de material didáctico en programas formativos relacionados con el urbanismo, la experiencia profesional en proyectos de diseño de servicios y espacios públicos, así como la publicación de artículos en diversos medios.
- la construcción del **marco teórico** de la investigación se ha abordado mediante un método especulativo al cual han contribuido dos fuentes principales: por un lado, la parte del marco teórico referida al análisis de flujos de actividad tiene su origen en la influencia de Manuel Castells y su concepto del "espacio de flujos" en la manera de entender el origen y evolución del espacio construido, y se desarrolla con aportaciones desde distintas disciplinas que son apuntaladas finalmente por el concepto biofísico de la adaptación disipativa. Por otro, la perspectiva psicológica nace del estudio de la Internacional Situacionista,[28] y se nutre de la lectura de un buen número de autores





[figura 1.5]

Mapas del consumo energético en la ciudad catalana de Rubí. Como se explica en la web del proyecto "Rubí brilla", "el objetivo es detectar los lugares de la ciudad donde existen consumos excesivos, que pueden denotar mal uso de la energía o deficiencias constructivas. También pueden detectar consumos inferiores a la previsión estimada, que denotarían riesgo de pobreza energética." Consultable en http://rubienergia.300000kms.net/

que han considerado el sujeto como central en la creación de espacios urbanos, así como de la labor profesional en proyectos de diseño urbano digital.

- la puesta en marcha de un **prototipo** de sistema de medida iterativo de proyectos de diseño urbano digital se basa en un diseño previo (Sarasa, 2017).[29] Dicho diseño ha sido enriquecido a través de tres contribuciones principales: la participación profesional en el proyecto acerca de indicadores de proyectos urbanos *Citykeys*, el estudio del caso de *Toronto Tomorrow* realizado como Tesis Fin de Máster del MPAA (UPM), así como el contacto con los aspectos normativos europeos y con la implementación de plataformas urbanas de compartición de datos gracias a la coordinación del Grupo de Trabajo sobre Datos en la red europea de ciudades *Eurocities*.
- la **parte experimental de campo** ha consistido fundamentalmente en documentar y contextualizar adecuadamente el trabajo de los equipos del *Open Urban Lab* y del *Datalab* de Etopia Centro de Arte y Tecnología en proyectos de diseño urbano digital relacionados con el espacio público comercial.
- finalmente, para la extracción de las **conclusiones** se ha escogido un método práctico enfocado en fomentar la replicabilidad de la metodología, herramientas y recursos que la investigación ha producido.

La secuencia de aplicación de este método comienza con el estudio del estado del arte en diseño urbano -incluyendo una breve perspectiva histórica- para situar la tesis en su adecuado contexto. Posteriormente, se aborda una fase especulativa acerca de dos asuntos: el análisis de flujos como forma de entender las dinámicas urbanas de interés, y el estudio de la relación psicológica con el espacio público. Una vez construido el marco teórico, la tesis adopta una perspectiva experimental abordando, en primer lugar, el contorno normativo y organizativo del uso de los datos para el estudio de las dinámicas urbanas. Son aspectos que a menudo se dejan fuera de los estudios sobre casos de aplicación de la ciencia de datos. Esta ausencia dificulta la replicación de dichos estudios, pues la obtención de datos constituye la verdadera materia prima de los avances en diseño urbano que tales estudios representan.

[1.3.3] Estructura y selección de ejemplos

La tesis está organizada en 3 bloques: estado de la cuestión (capítulos 1 y 2), marco teórico (capítulos 3 y 4)[30] y parte experimental (capítulos 5, 6 y 7).

Los capítulos 1 y 2 delimitan la posición de partida de la tesis en el prisma bajo el cual analizamos la ciudad, o los desafíos del diseño urbano a los que la investigación aporta. Además, introduce las metodologías ágiles y el pensamiento *lean start-up*.

El capítulo 3 presenta el primer paso de la metodología: la determinación del lugar óptimo para el proyecto. Para ello se propone un análisis en base a los flujos energéticos que tienen lugar en la ciudad y a conceptos relativos a la teoría de redes. El capítulo 4, por su parte, se centra en la dimensión psicológica, recorriendo el estado del arte de la psicogeografía -incluyendo los mapas mentales-, y describiendo los

[28] Realizado para el Máster de Proyectos Arquitectónicos Avanzados (MPAA) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y profundizado posteriormente.

[29] Realizado a través de la Tesis de Fin de Máster del estudio propio Master in City Sciences de la Universidad Politécnica de Madrid en 2015.

[30] Aunque los capítulos 3 y 4 componen el marco teórico, ambos tienen también carácter práctico pues son fundamentales para la metodología expuesta, ya que el capítulo 3 apuntala la primera de las fases de la metodología -la identificación del lugar- y el capítulo 4 acota el tipo de datos a usar en los proyectos.

escenarios de confluencia entre lo digital y lo físico.

Los capítulos 5 y 6 están enfocados a la construcción de un prototipo de sistema de medida de impacto de las actuaciones en diseño urbanos el espacio público comercial. El capítulo 5 parte de un análisis práctico de las particularidades de aplicar la ciencia de datos y las tecnología asociadas con el llamado *big data* en el ámbito urbano y en la gestión pública, con énfasis en los aspectos normativos que aplican al uso de datos personales y de fuentes privadas en diseño urbano. A partir de ello, el capítulo 6 determina un mínimo conjunto de indicadores válidos para guiar los proyectos. La descripción del prototipo se completa con la descripción de las fuentes de datos y los visores. Esta parte concluye con un ejemplo experimental de aplicación del prototipo para comprender mejor sus posibilidades en el ámbito de la revitalización del comercio de proximidad.

Finalmente, el capítulo 7 presenta las conclusiones de la investigación: una metodología de diseño urbano iterativo o evolutivo y una guía práctica de recursos y herramientas para la aplicación de la misma en condiciones reales con objeto de facilitar su replicabilidad en otros escenarios. El capítulo concluye con las necesarias clarificaciones sobre el ámbito de validez de las contribuciones realizadas por la tesis, sus limitaciones, así como futuras líneas de trabajo.

En cuanto a la selección de los ejemplos y casos prácticos, ésta obedece a dos criterios principales: la posibilidad de contar con experiencias de primera mano acerca de los asuntos que trata la investigación, y la relevancia de los mismos para los objetivos de la tesis.

Los años de trabajo en Etopia Centro de Arte y Tecnología[31] han constituido un campo fértil de proyectos en el ámbito de la investigación. En su *Open Urban Lab* se ha tratado de experimentar de manera práctica con la aplicación de las metodologías ágiles y *lean start-up* a proyectos de diseño de servicios y espacios urbanos en movilidad, espacio público, comercio de proximidad, vivienda, o energía.[32] De ellos, se han seleccionado 3 por su representatividad en cuanto a los principios metodológicos propuestos: BiZia, Imagina Tu Patio, y Re-creando Volveremos.

Además, la reciente creación en Etopia Centro de Arte y Tecnología del equipo multidisciplinar *Datalab*[33] ha permitido construir y aplicar un sistema de medida a los proyectos de diseño urbano del espacio público comercial -físico y digital-. Dicho sistema se ha aplicado a la caracterización de impacto de dos actuaciones urbanas como la galería comercial de C/ Delicias y el evento de urbanismo táctico MEDS Cierzo -situado en el barrio de Las Fuentes-, ambos en Zaragoza.

El proyecto de galería comercial en C/ Delicias, surgido del Plan Director de Galerías Urbanas de Zaragoza, ilustra una posible implementación práctica de cómo abordar el diseño del espacio público comercial bajo algunos de los prismas que se proponen en la tesis. Por ejemplo, en él se usan técnicas de creación de ambientes psicogeográficas, sensorización del espacio público e indicadores de medida del éxito de filosofía similar a los usados en centros comerciales.

[31] Definido en su misión como un "centro de innovación, emprendimiento y creatividad en la era de la ciudad digital" (Arnal, Sarasa y Gistaín, 2012), Etopia Centro de Arte y Tecnología constituye un laboratorio de ideas y proyectos capaz de nutrir al mundo académico e investigador en el ámbito del urbanismo y las ciencias urbanas.

[32] Consultables en openurbanlab.com/proyectos. Accedido el 15 de abril de 2023.

[33] Publicaciones consultables en etopia.es/datalab. Accedido el 15 de abril de 2023.

Asimismo, al haber participado directamente en el proyecto europeo de selección de indicadores para proyectos urbanos *Citykeys* se dispone de información directa acerca de los criterios y obstáculos que llevaron a configurar la parrilla de indicadores que finalmente fue publicada, lo que permite ofrecer un análisis más profundo sobre la utilidad de cada indicador presentado.

Junto a los casos prácticos anteriores, la tesis incorpora otros ejemplos accedidos a través de fuentes indirectas: el grupo de trabajo *City Form Lab* del MIT, el sistema de indicadores *Maryland Inventory of Urban Design Qualities (MIUDQ)* y el proyecto *Toronto Tomorrow*.

El sistema *Maryland Inventory of Urban Design Qualities (MIUDQ)* constituye uno de los intentos más completos de elaborar un conjunto de indicadores aplicables para proyectos de diseño urbano y ejemplifica hasta qué punto la praxis encuentra dificultades para incorporar en sus medidas de impacto y calidad de proyectos los datos de flujos de actividad humana. El *City Form Lab*, aunque se cita en varios pasajes de la investigación, se analiza en detalle como ejemplo de producción de indicadores especialmente adaptados al espacio público comercial.

Toronto Tomorrow es el ejemplo práctico más extenso que la tesis incluye -de hecho, se asemeja a un caso de estudio-. La razón de su análisis en detalle es doble: por un lado, presenta probablemente -y hasta la fecha- la más rica paleta de técnicas y soluciones innovadoras (con la analítica de datos como motor de dicha producción de soluciones) aplicadas al diseño del espacio público físico y digital y, por otro, pone de relieve como ningún otro las consecuencias de llevar al extremo esas técnicas sin adecuados contrapesos éticos y democráticos. No en vano ha sido calificado como "el proyecto más audaz del fenómeno *smart city* en Norteamérica" (Morgan y Webb, 2020).

En el flujo de la tesis, *Toronto Tomorrow* sirve para entender hasta dónde han llegado otros que han intentado parecido objetivo de diseñar el espacio público -incluido el comercial- exprimiendo al máximo los datos y las metodologías innovadores provenientes del mundo digital, con una visión marcadamente tecnocentrista.[34] El caso de estudio tiene valor porque se aplica al espacio comercial, usa intensivamente la ciencia de datos y otras tecnologías digitales, y está liderado por un actor -Alphabet- cuya competencia tecnológica está fuera de toda duda. En definitiva, *Toronto Tomorrow* merece un estudio detallado porque en dicho proyecto se expresa como en pocos casos hasta la fecha, el eterno conflicto entre la visión "logística" y "social" de la ciudad, ahora también sobre la nueva esfera digital.

[34] Frente a otros casos de tecnocentrismo ampliamiente estudiados como Masdar City (Abu Dhabi) o Songdo (Corea del Sur), el prroyecto tiene el especial valor de haberse producido para un país con un contexto normativo y cultural homologable al europeo.

ESTADO DE LA CUESTIÓN

DISEÑO URBANO DIGITAL ÁGIL Y DE BAJO COSTE.
UNA METODOLOGÍA ITERATIVA DE PROYECTOS PARA EL ESPACIO PÚBLICO COMERCIAL BASADA EN *BIG DATA*.

[2] ESTADO DE LA CUESTIÓN

Antes de desarrollar el núcleo de la tesis, procede fijar algunas de las premisas alrededor de las que articulamos la investigación, a modo de condiciones de contorno con las que delimitar el ámbito del trabajo. Cada una de ellas se acompaña en las secciones posteriores de un breve estudio para situar el estado actual de la cuestión acerca de las preguntas e hipótesis de la investigación.

1. **Paradigmas:** de qué paradigmas del diseño urbano se alimenta la tesis y sus respectivos contextos históricos. Este asunto es importante dada la ausencia de consenso sobre la definición específica del diseño urbano (Krieger y Saunders, 2009: VIII). Es preciso, por tanto, precisar en qué posición dentro de la disciplina se sitúa la tesis.
2. **Laboratorios urbanos:** por qué el proyecto debe desbordar el estudio y realizarse también en un nuevo tipo de laboratorios, y cómo son éstos. Las propuestas que la tesis realiza en relación al proceso de diseño deben ser acompañadas de una descripción de ese nuevo tipo de lugares que constituyen los laboratorios urbanos.[1]
3. **Unicidad de lo físico y lo digital**: por qué tiene sentido englobar el diseño físico y el digital bajo el mismo paraguas de diseño urbano. Aunque este asunto ha sido esbozado en el capítulo introductorio, conviene profundizar en las implicaciones de este hecho tanto a nivel del objeto de diseño como a nivel de procesos.[2]
4. **Innovación en procesos de diseño:** por qué el diseño urbano necesita innovar en procesos y en metodología de proyecto, asunto que debe ser abordado con claridad para evitar que las consideraciones formales que inevitablemente la tesis realiza se interpreten en un sentido distinto al simplemente ilustrativo.
5. **Relación entre complejidad y diseño urbano evolutivo:** por qué un diseño urbano iterativo puede dar respuesta a la concepción evolutiva u orgánica del urbanismo. Se desarrollará la relación entre la concepción de la ciudad como un ecosistema -abierto, inacabado, frágil y resiliente al mismo tiempo-, y la adopción de las metodologías iterativas.
6. **Aplicación de metodologías iterativas:** a partir del punto anterior, se hace necesario describir la aplicación al proyecto de las metodologías ágiles y del pensamiento *lean start-up*, justificando asimismo su encaje dentro de la filosofía iterativa con que diseñar sistemas sociales como el espacio público comercial.
7. **La importancia del sujeto:** por qué, hoy en día, la mayor importancia del sujeto en el proceso de diseño y en su resultado lleva consigo prestar atención a los aspectos psicológicos y perceptivos en el entorno urbano. Dada la amplitud de la cuestión de la participación ciudadana en el urbanismo, este punto ha de ser acotado de manera que de ello resulte una clara recomendación operativa para el proyecto de diseño.

[1] Se conjetura que la importancia de estos espacios para el diseño urbano crecerá en el futuro inmediato, ya que las herramientas que contienen -bancos de carpintería, electrónica, impresión 3D, corte láser, por ejemplo- permiten la rápida creación de prototipos para proyectos de urbanismo táctico. Además, en ellos se dan cita relevantes agentes del proceso de diseño: profesionales de la arquitectura y diseño, universidades, tejido cívico y administraciones.

[2] Cabe decir que, a nivel del objeto de diseño, la metodología propuesta es aplicable tanto en los planos físico como digital. Sin embargo, en cuanto al proceso de diseño, hay que precisar que, dado el amplio uso de técnicas digitales en el proceso de diseño, la tesis centrará su aportación en los sistemas de recolección, analítica y visualización de datos y sus procesos asociados, para los que la investigación aportará un punto de vista más allá del estado del arte.

8. **Datos urbanos:** por qué los datos deben jugar un papel esencial en la metodología propuesta y qué tipos de datos resultan más adecuados para los objetivos que la tesis se plantea en relación al diseño del espacio público. Como ya se ha anticipado, para capturar la componente psicológica y experiencial de las personas en relación al espacio urbano es preciso trabajar con datos personales, un tipo de datos que conlleva restricciones y dificultades específicas que es conveniente señalar.
9. **Psicogeografía:** por qué la relación de nuestra psique con los lugares que habitamos y recorremos ha de ser mejor comprendida, sistematizada -en la medida de lo posible- y tenida en cuenta de manera central a la hora de diseñar esos mismos lugares. Los sensores, los llamados *wearables*,[3] el avance en la comprensión del cerebro a través de la neurociencia y la psicología, o la mayor atención a la diversidad, son líneas de progreso que es preciso valorar y situar en el contexto de la tesis.

Para una mejor organización, las premisas anteriores se articulan en torno a cuatro bloques:

- los paradigmas de diseño urbano contemporáneo,
- el diseño urbano en la era digital,
- los procesos de diseño y construcción iterativos, y
- las herramientas.

Dicha organización pretende facilitar un marco de discusión más claro y estructurado sobre las principales cuestiones que la tesis aborda.

[2.1] DISEÑO URBANO EN LA ERA DIGITAL

El punto de partida de la tesis es el desacoplamiento entre el proyecto de diseño urbano y algunas de las realidades y condiciones de contorno en la que tiene lugar la actividad de diseño. Una distancia ya advertida en la primera Conferencia sobre Diseño Urbano celebrada en Harvard en 1956 en relación a aspectos como la orientación a la resolución de problemas, la transversalidad,[4] la complejidad urbana,[5] o la atención a la función social y económica de la disciplina.[6] Esta crítica del diseño urbano, aunque formulada en una época todavía analógica, es en buena medida válida en el contexto digital actual y nutre la tesis de algunos de sus conceptos clave:

- La **caracterización de la ciudad como constructo social** deriva de la influencia de Mumford, que se proyecta a su vez tanto en Jane Jacobs como en Allan Jacobs. La primera, con su aguda disección de las dinámicas que un diseño urbano hecho a medida de las necesidades de las comunidades residentes produce a pequeña escala.[7] Por su parte, Allan Jacobs sintetizó los problemas y objetivos de una disciplina que, a su juicio, había descuidado crear lugares "vivos", con identidad propia y en pos de la vida en común.[8] A Gyorgy Kepes y Kevin Lynch se les atribuye -en especial al segundo (Mon-

[3] Dispositivos electrónicos integrados en la ropa o en complementos del vestuario como pulseras o relojes, y que miden parámetros ambientales o biométricos, a menudo conectados a Internet.

[4] Sert advierte que la renovación de la disciplina implicaría abandonar la "superficialidad" derivada del foco en la estética por encima de los "problemas reales de la ciudad", por un mayor uso de los métodos científicos y por la transversalidad, a través de la integración o síntesis de cuatro saberes: la arquitectura del paisaje, la arquitectura en sí, la ingeniería de tráfico y el planeamiento urbanístico (1956).

[5] Kepes reconoce que el actual estado de la disciplina no encajaba con la creciente complejidad urbana: "las cosas se mueven más deprisa de lo que podemos entender, se están haciendo más grandes y complejas, y no podemos ni comprenderlas ni organizarlas" (1956).

[6] Jacobs critica el descuido al que el planeamiento había empujado a un espacio público despojado de su vital función social y económica, destinado poco más que a "dejar entrar luz y aire" y a ser un mero "caballete" para que la arquitectura muestre mejor el artístico diseño de los edificios que lo rodean (1956). Mumford, por su parte, lamentaba la "absoluta locura de haber creado una estructura física al precio de destruir la estructura social íntima de la vida comunitaria", al tiempo que exhortaba al diseño urbano a buscar formas que sirvieran a la vida social de las comunidades y que, a la vez, pudiesen ser económicamente viables para éstas (1956).

[7] Jane Jacobs describió dichas microdinámicas tanto en el plano social como en el económico (1970) y la función del pequeño comercio, el contacto casual en las aceras y las ventanas en plantas inferiores como principales garantes de la seguridad en la calle (1961).

[8] Allan Jacobs y Donald Appleyard señalan cómo la privatización del espacio público merma su vitalidad (1987), un problema que no sólo afecta al espacio público físico, sino que la privatización de los sensores, dispositivos y sistemas de comunicaciones que conforman el espacio público digital representa una amenaza similar al constreñir los grados de libertad de los usuarios del espacio y amenazar sus derechos digitales.

tes, 2019)- la introducción de la **perspectiva psicológica** en el diseño urbano.[9]

- El **"derecho a la ciudad"**, es un concepto formulado por Henri Lefebvre en la década de los años sesenta y expresa el derecho a una vida urbana transformada y renovada, que mira al espacio urbano como un lugar de uso y disfrute (Lefebvre, 1967).[10]
- Con epicentro en Francia, la Internacional Situacionista -liderada por Debord- produjo algunas de las ideas y postulados que mayor influencia han tenido en la inspiración de la investigación, como la **psicogeografía**.[11]
- El empleo de las **tecnologías de análisis de información** en diseño urbano parte de quienes, en los años 70 del pasado siglo, comenzaron a incorporar tecnología analógica de observación a la disciplina.[12]

El diseño urbano digital cuyos principales trazos la tesis trata de dibujar es, en cierta manera, heredero de todas las sensibilidades anteriores. Para agruparlas se considera útil aplicar la taxonomía empleada por Munro, según la cual podemos distinguir cuatro paradigmas o enfoques en el actual estado del arte de la disciplina (Munro, 2015):

- el "**racionalista**", anclado en la tradición arquitectónica e influenciado por fórmulas matemáticas -p.e. número áureo, Vitruvio, Pitágoras, etc- pero cuya aplicación a la ciudad resulta científicamente cuestionable. Munro critica su peso en la formación de los jóvenes arquitectos-[13] y su transmisión a los proyectos de diseño urbano por la vía de la parametrización de las herramientas digitales de diseño asistido por ordenador (CAD). No obstante, aquí se engloban también referencias contemporáneas para la tesis como *A Pattern Language* (Alexander et al., 1977) -que se apoya en el concepto matemático de fractales para describir las formas orgánicas de la ciudad- o la teoría *Space Syntax* (Hillier y Hanson, 1989) -que usa la teoría de grafos para explicar la relación entre el espacio y los flujos.
- el "**ecológico**", de marcado carácter científico, inspirado por figuras como Geddes, quien veía a la ciudad como un objeto de estudio científico cuyo funcionamiento podría llegar a comprenderse mediante la observación sistemática y el empleo de técnicas inductivas y cuya optimización podría ser abordada "de abajo a arriba" mediante "unidades biológicas" (1915/1971).[14] Una manifestación contemporánea de este paradigma es la observación de los fenómenos urbanos a través de la recogida de datos vía *crowdsourcing*,[15] si bien la transferencia efectiva de esta información a la planificación urbanística y el diseño urbano dista de estar resuelta (Munro, 2015, p. 7).
- el "**tecnológico**",[16] que considera el diseño de la ciudad como una cuestión de carácter principalmente ingenieril. Si el movimiento de la Bauhaus y el legado de Walter Gropius son claros referentes históricos de este paradigma, en épocas más contemporáneas William J. Mitchell ha producido una

[9] El vasto estudio que Kepes y Lynch llevaron a cabo desde 1954 a 1959 en el MIT sobre la percepción visual de la ciudad llevó a Lynch a publicar la fundamental *The Image Of The City* (1960). En ella aparece el concepto de "mapa mental colectivo" de la ciudad, un concepto de especial relevancia para la tesis.

[10] El pensador francés trataba así de despojar la ciudad del carácter instrumental para el intercambio mercantil o de instrumento logístico. Para Lefebvre la ciudad es "la proyección sobre el terreno de nuestra sociedad". De lo que se deriva que la comprensión de la ciudad llevaría a comprender nuestra sociedad.

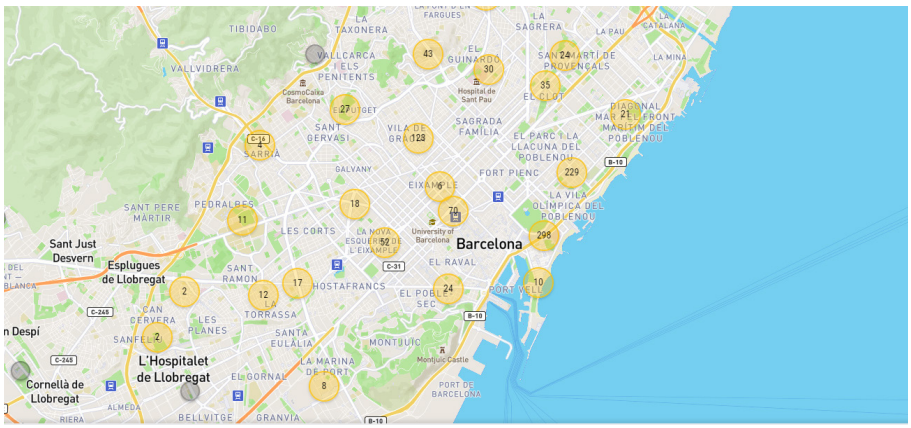
[11] Fue el situacionismo quien primero se fijó en la psicogeografía como técnica para la comprensión de nuestra relación con el entorno urbano. Y además de señalar la importancia de la creación de ambientes urbanos para crear experiencias multisensoriales que cambiaran nuestro estado emocional, alertaron prematuramente contra el uso de éstas mismas técnicas por parte del mercado (Debord, 2022).

[12] William H. White y su grupo de investigación *Street Life Project* (SLP) caracterizaron y midieron las preferencias de los usuarios del espacio público. El grupo usaba una tecnología incipiente -como cámaras de grabación- para registrar sus observaciones y concluyó una serie de principios de diseño urbano todavía hoy utilizados. Entre ellos, la atención a los detalles, los elementos naturales -sol, agua, luz y arbolado-, la activación del espacio mediante la promoción de actividades o eventos, o el diseño inclusivo, de manera que el espacio público acoja un amplio y diverso abanico de tipologías de usuarios (1980).

[13] El paradigma racionalista ha producido su propia batería de indicadores numéricos para los proyectos de diseño urbano, estableciendo proporciones entre los diferentes elementos visuales que conforman el espacio.

[14] Las "ciudades jardín" o *Garden Cities*, aunque en este caso planificadas de abajo a arriba, cumplirían también esa función de "unidades biológicas" para un ecosistema urbano más equilibrado.

[15] Un término que se refiere a la recolección distribuida de datos, a menudo mediante sensores embebidos en dispositivos pertenecientes a la propia ciudadanía, como *smartphones* o sensores domóticos. Existen varios proyectos que tratan de influir en el diseño de la ciudad o en sus políticas a través de este tipo de datos, como por ejemplo los proyectos Smart Citizen [figura 2.1] o SocioBee (https://socio-bee.eu).



[figura 2.1]

Distribución de los sensores ciudadanos del proyecto Smart Citizen, una pequeña y sencilla placa de electrónica para medir parámetros ambientales -cuyo detalle se muestra en la franja de abajo- en Barcelona y su entorno. Con casi 1.000 sensores autónomos desplegados solo en Barcelona, la red Smart Citizen constituye una alternativa ciudadana a los sensores de medida de contaminación municipales. Fuente https://smartcitizen.me/kits/ (consultado el 25 de abril de 2022)

[tabla 2.1]

Relación entre los distintos paradigmas del diseño urbano y la tesis.

Paradigma	Aspectos a incorporar	Aspectos a descartar
Racionalista	Teoría de grafos Ley de Metcalfe, que regula el valor de una red (ver capítulo 3)	Dimensiones y parámetros sin probado rigor científico.
Ecológico	La observación de dinámicas del ecosistema urbano y el método inductivo. Recogida de datos mediante ***crowdsourcing***.	El diseño y construcción de unidades biológicas sin la suficiente perspectiva social.
Tecnológico	Incorporación de la capa digital al diseño urbano, incluida la recogida de datos.	Tecnocracia. Gobierno de los datos.[17] Fenómeno de la Smart City.[18] Modelos urbanos, incluidos los "gemelos digitales".[19]
Humanista	La perspectiva psicogeográfica Las técnicas UX.	La recopilación incontrolada o injustificada de datos psicológicos.

[16] Se prefiere el término "tecnológico" al original "tecnocrático", pues no postula qué clase de gobierno debe establecerse sobre el espacio público, sino principalmente las técnicas de diseño. Ello no es óbice para obviar las tensiones que este paradigma, llevado al extremo e impulsado hoy en día por la Inteligencia Artificial, puede causar. Todo ello se analizará en el estudio del proyecto *Toronto Tomorrow* más adelante.

[17] Las administraciones cuya acción pública se sustenta en datos, transforman el diseño, la prestación y la supervisión de las políticas y los servicios públicos mediante la gestión, el intercambio y el uso de datos (van Ooijen et al., 2019)

[18] Aunque el concepto de smart city tiene variadas definiciones y ha cambiado a lo largo del tiempo (Montes, 2020), muchas de las implementaciones reales de proyectos denominados como *Smart City* aún contemplan la incorporación masiva de la tecnología a la gestión y planificación urbanas sin el suficiente control político y ciudadano causando un efecto contrario al perseguido (Greenfield, 2013).

[19] Representaciones o modelos virtuales de la ciudad o de sus edificios e infraestructuras.

profunda huella en la manera de abordar un tipo de proyectos urbanos que combinaban ingeniosamente el diseño urbano físico con el digital.[20] Algunas de las principales referencias intelectuales para la tesis, como Anthony Townsend[21] o Andrés Sevtsuk,[22] son deudores de la influencia de Mitchell.

- el "**humanista**", de raíz psicológica, hunde sus raíces históricas contemporáneas en figuras como Richard Neutra o el propio Kevin Lynch. Evidentemente, tanto la psicogeografía situacionista de mediados del siglo XX como la psicografía actual representada por un autor como Collin Elard, se engloban en este paradigma que toma al individuo -junto a sus percepciones- como protagonista y centro absoluto del diseño urbano. Desempeñados por un número creciente de profesionales del diseño, el estudio y la práctica de la llamada "experiencia de usuario" -conocida en el mundo del *software* como *UX*, del inglés *User eXperience*- pertenece también a este paradigma humanista. Frente al paradigma tecnológico -empeñado en modelar al objeto de diseño, por muy complejo que éste sea- el humanista se afana en comprender al sujeto, sus emociones y decisiones, incluidas las de compra.[23]

Dado que, hoy en día, todas las corrientes anteriores se hallan de alguna manera presentes en la praxis del diseño urbano, se presenta la [tabla 2.1] a modo de resumen con la postura de la tesis frente a ellas.

Ya se ha señalado que uno de los pocos consensos en torno al diseño urbano hoy en día es la vaguedad del concepto, que posee múltiples definiciones que evoluciona según la época y el lugar (Krieger y Saunders, 2009: VIII). Por tanto, está justificado realizar un breve repaso de las diferentes acepciones del diseño urbano en la actualidad, para después acotar aquellas con las que la tesis entronca. Así, un repaso de las visiones contemporáneas del diseño urbano que más interesan a la tesis es el siguiente:

1. La disciplina que se ocupa de la **implementación de políticas públicas mediante la forma** (Barnett, 1974), lo que permite al diseño urbano trascender al ámbito arquitectónico.
2. El ***placemaking***, o conjunto de técnicas y estrategias para conseguir lugares públicos -calles, plazas, mercados, etc- agradables y vivos (Whyte, 1980).
3. **Herramienta de construcción social**, idea que encuentra sólidos apoyos entre pensadores urbanos post-marxistas (Lefebvre, 1974), (Harvey, 1996), (Sennett, 2018), quienes opinan que las consideraciones estéticas deben hacerse a un lado para dotar de más grados de libertad a la función social.
4. En paralelo a la creciente preocupación por los aspectos medioambientales, aparecen también quienes adjudican al diseño urbano la facultad de i**nstrumento de impulso hacia un crecimiento (urbano) inteligente**.[24]
5. La **infraestructura de la ciudad**, aquello que une y estructura el espacio entre los edificios (Allen,1999). Ese carácter infraestructural apoya que el diseño urbano se ocupe tanto de las infraestructuras físicas como de las digitales.

[20] Por su relación con los antecedentes de la tesis, merece la pena señalar el concepto de *digital public realm* que en 2006 el equipo de Mitchell propuso para la Milla Digital de Zaragoza. La Milla Digital era uno de un conjunto más amplio de proyectos urbanos internacionales que, englobados bajo el nombre de las New Century Cities, "proponían la integración de los medios digitales en la infraestructura, los servicios y el paisaje urbano" (Arnal y Sarasa, 2021).

[21] Autor de *Smart cities* (...) (2013) y *Ghost Road. Beyond the driverless car* (2020) y actualmente urbanista en residencia en Cornell Tech.

[22] Autor de *Street Commerce* (2020), y responsable del *City Form Lab* del MIT. Su trabajo ilustra un relevante aspecto de este paradigma como es el uso intensivo de herramientas de modelado digital.

[23] De hecho, la práctica y el estudio de las tecnologías ambientales en centros comerciales -ya aventuradas por los situacionistas y desarrolladas con posterioridad académicamente a partir de Kotler (1973)- no ocultan su interés por provocar en el usuario decisiones de compra irracionales.

[24] En este sentido, nos parece adecuada la definición de ciudad inteligente como aquella que "permite satisfacer nuestras necesidades sin comprometer la capacidad de las generaciones venideras para satisfacer las suyas", y lo hace "trabajando más inteligentemente, no más duramente" (Mitchell, 1999:147).

En los albores de la expansión de Internet, en plena transición entre el mundo analógico y digital, y frente a la predicción de que el auge de las telecomunicaciones supondría el final de la ciudad como estructura social y física que permitía vivir en proximidad,[25] William J. Mitchell proclamaba "larga vida a la nueva metrópolis, mediada por las redes de la nueva era electrónica" (1999). Su "nueva metrópolis" incluía ideas para tres importantes cuestiones:

a. dónde se ejerce la labor de diseño, que deberá superar el tradicional estudio para extenderse a nuevos espacios o laboratorios urbanos, a imagen y semejanza de los *fab-labs* que surgieron del Media Lab del MIT.
b. cómo es el nuevo objeto digital a diseñar: redes, infraestructuras y servicios digitales o electrónicos que forman parte de la ciudad y que hacen de elementos mediadores de la ciudad física, como esas "e-Topias, ciudades mediadas electrónicamente".
c. qué nuevos procesos es necesario implementar para diseñar estas nuevas urbes en que lo digital compite en protagonismo con lo físico, y que deben diseñarse de manera "ágil y sostenible, de manera que los progresos del presente no impidan el progreso de las generaciones futuras".

Conviene, antes de nada, acotar estos tres asuntos -lugar, objeto y procesos- por separado.

[2.1.1] Los nuevos laboratorios

"Todo proceso de conocimiento se desarrolla en un lugar,(...) y sus condiciones espaciales tienen una particular significación en las sociedades del conocimiento", necesitando, además infraestructuras particulares (Innerarity, 2011:240). Así, el concepto del laboratorio urbano es importante en la tesis por dos motivos. En primer lugar, por su capacidad de generar conocimiento científico de origen experimental a la disciplina del diseño urbano. En segundo, porque dentro de los principios metodológicos presentados en las conclusiones, el laboratorio urbano aparece como un instrumento a través de la cual incorporar al proyecto tanto nuevas herramientas -como impresoras 3D, bancos de electrónica, infraestructuras de datos, etc- como nuevos perfiles: ciudadanía, artistas, o tecnólogos, por citar solo algunos ejemplos.

Dentro de la amplia tipología de laboratorios urbanos,[26] la tesis se centra en dos tipos:

- aquellos que, impulsados por instituciones académicas o investigadoras en el ámbito del urbanismo o del propio diseño urbano, contribuyen mediante la investigación y la experimentación a nuevas teorías para la disciplina, y
- los laboratorios cívicos, con marcado carácter colaborativo y/o participativo, y a menudo impulsados por administraciones públicas.

[25] El propio Mitchell cita a George Gilder (1995), quien anticipó precipitadamente "la muerte de la ciudad", que quedaría como "restos de un equipaje abandonado por la era industrial".

[26] Concepto que engloba un amplio abanico de espacios o instituciones: talleres, estudios, grupos más o menos informales de innovación, práctica o investigación. (Binder y Brandt, 2008).

En el primer grupo, se encuentran aquellos que pertenecen a instituciones académicas o de investigación, como el *Center For Advanced Spatial Analytics* (CASA)[27] de la *Bartlett Faculty for the Built Environment ("The Bartlett")*, perteneciente al *University College London* (UCL), y el *City Form Lab* del MIT, liderado por Andres Sevtsuk.[28]

Aunque las actividades de *CASA* y *City Form Lab* se materializan con cierta frecuencia en la realización de proyectos de diseño urbano reales, en ocasiones en colaboración con administraciones públicas y con empresas, en su dinámica de trabajo no participa la ciudadanía por regla general. Junto a este tipo de instituciones, en las últimas décadas ha aparecido una red distribuida de laboratorios urbanos o cívicos que operan en gran medida al margen del mundo académico e investigador, formando "un planeta de laboratorios cívicos" (Townsend, 2013).

Así, el segundo de los tipos de laboratorio que interesa a la investigación es un espacio en el que la participación se ejerce mediante la implicación en el diseño y construcción de objetos físicos y digitales. Inspirados en el Medialab del MIT, pero no sólo ocupados por ingenieros y arquitectos, sino abiertos a la participación. Mitchell justifica la creación de estos nuevos espacios participativos híbridos (1999): "el siglo XXI necesitará ágoras, quizá más que nunca", independientemente de que esos lugares sean "virtuales, físicos o una nueva y compleja combinación de ambos", diseñados para permitir tanto "la libertad de acceso como de expresión",[29] en este tipo de espacios híbridos se dan cita perfiles e ideas provenientes del mundo de la cultura libre, el código abierto, o el desarrollo social y económico sostenible, a menudo trabajando en proyectos con un fuerte carácter urbano.[30]

El taller de fabricación en la era digital por excelencia se denomina *fab-lab* o taller de fabricación digital.[31] La relación conceptual entre las destrezas en fabricación y la soberanía ciudadan fueron ya intuidos por Morris (Berrebi-Hoffmann et al., 2021) y actualizadas en clave digital por Sennett (2008). Si desde la óptica de Morris la destreza en el trabajo manual nos acerca a ser hombres libres, en la de Sennett contribuye a la forja del sentimiento de ciudadanía (Sennett, 2009).

Un ejemplo es el proyecto *FabCity* en Barcelona para descentralizar los *fab-labs* hacia los barrios (Díez, 2014), ideado con el objetivo del fortalecimiento de la participación cívica por la vía de la fabricación y el diseño (Díez, 2012). El auge del llamado movimiento *maker* o *Do It Yourself* demuestra que las mismas tecnologías que impulsan las industrias de vanguardia pueden ponerse al alcance de la ciudadanía para diseñar objetos físicos y *software* que respondan a los problemas o desafíos locales en áreas como la energía, el espacio público, o los servicios sociales.

Los *fab-labs* pueden estar equipados de impresoras 3D, bancos de electrónica y carpintería, fresadoras de control numérico (CNC), o máquinas de corte láser, por ejemplo-, y puesto que el campo de aplicación de estas tecnologías no para de crecer, hoy en día es posible fabricar prototipos de objetos de creciente complejidad y ta-

[27] CASA constituye un ejemplo de asociación entre una institución de estudios urbanos y principios metodológicos de particular interés para nuestra investigación. En dicha institución los estudios urbanos se han desarrollado siguiendo los principios y técnicas analíticos y de representación de la ciudad agrupados bajo el concepto de *Space Syntax*, que propone la comprensión del espacio a través de su traslación a la teoría de redes y grafos (Hillier y Hanson, 1989). En las últimas décadas, se ha distinguido también por una aproximación (complementaria con *Space Syntax*) a las ciencias urbanas desde la Teoría de la Complejidad, que reconoce el carácter ecosistémico de la ciudad como una red de redes superpuestas unas a otras (Batty, 2007).

[28] La producción investigadora del *City Form Lab*, centrada en el uso de datos para el diseño urbano, puede consultarse en https://cityform.mit.edu/papers.

[29] Una libertad que puede ejercerse mejor a través de su proximidad geográfica, de una política de acceso transparente, y de una gobernanza participativa.

[30] Sennett justifica convincentemente la necesidad de este tipo de instituciones, o "talleres", en la era digital (2012), pues la institución del taller está directamente relacionada con la forja de la una ciudadanía plena, que no solo decide democráticamente sino que participa también directamente en la construcción del entorno. Así, la búsqueda permanente de una mayor destreza por parte del artesano y su actitud cooperativa en el taller se proyectan más allá de sus paredes. La apertura de estos nuevos cauces de participación no convencionales no es tan importante en lo cuantitativo -los laboratorios urbanos no permiten el trabajo simultáneo de más de unas pocas decenas de personas- como en la calidad de los procesos que allí acontecen.

maño, desde una sencilla casa unifamiliar autoconstruida[32] a conjuntos residenciales producidos en serie.[33]

Aunque las instituciones académicas no son centrales en esta segunda tipología de espacios, es habitual su implicación a través de diversas fórmulas de colaboración, pues la realización de proyectos reales de mejora urbana con la ciudadanía es un campo fértil de oportunidades en el ámbito investigador. De hecho, otra de las posibles derivadas de los procesos que acontecen en estos espacios es el de la ciencia ciudadana, un ámbito en pleno desarrollo (Vohland et al., 2021) y que al implicar a multitud de ciudadanos podría permitir, en ciertos contextos, superar las limitaciones cuantitativas existentes a la hora de introducir la participación ciudadana en el diseño urbano.

[2.1.2] Diseño de la capa digital

¿Puede el proyecto de diseño urbano hoy en día realizarse al margen de la capa digital? No lo parece, si se acepta que el nuevo espacio público digital es la expresión urbana de la actual "sociedad red" (Castells, 1996). En ella, Internet sirve para acceder a la información de la misma forma que la propia Internet utiliza a los individuos como fuente de información. Tecnologías como Internet de las Cosas (*IoT*)[34] permiten que, además de las personas, los objetos también estén en Internet.

Además, dispositivos como los *smartphones* y las tarjetas de crédito, o los sistemas de navegación y abonos de transporte, posibilitan que cada actividad o acción deje una huella digital en alguna base de datos. Y el fenómeno no acaba aquí: con la llegada de los gemelos digitales[35] y del metaverso, la ciudad entera se desdobla en un nuevo plano digital. Ya no sólo lo físico se superpone con lo digital, sino que incluso lo segundo se separa de lo primero para cobrar una existencia paralela.

Esta "burbuja digital" en la que nos imbuímos al consultar el móvil difumina el espacio urbano circundante, que es así percibido de una manera diferente por el usuario del *smartphone*. El uso del móvil nos aísla del entorno pero nos conecta con gente que no está físicamente con nosotros. Por ello, el uso de estos dispositivos -junto con la capa de servicios digitales que los hace posibles: geolocalización, llamadas instantáneas o las comunicaciones de vídeo en tiempo real-, abre nuevas posibilidades de uso del espacio público.

Una tipología útil para esbozar y clasificar qué componentes digitales contiene el espacio público digital es la propuesta por Crabtree y Roden (2007), quienes sugieren dividir esta capa digital en los cuatro componentes que se muestran en la [tabla 2.2].

Además, diseñar el espacio público en la era digital abre al menos dos nuevas cuestiones para el diseñador y proyectista:

[31] El término *fab-lab* es una marca registrada del MIT, producto de un programa de colaboración entre el *Grassroots Invention Group* y el *Center for Bits and Atoms*. A su vez, el *Center for Bits and Atoms* pertenece al *Media Lab*, por lo que puede decirse que los *fab-labs* son también producto del *Media Lab* del MIT.

[32] Como el proyecto WikiHouse: https://www.wikihouse.cc/. Accedido el 20 de septiembre de 2021.

[33] Ver, por ejemplo, el proyecto *East 17th Street* de la constructora ICON diseñado por Logan Architecture en Austin: https://www.iconbuild.com/projects/east-17th-street-residences. Accedido el 21 de septiembre de 2021.

[34] Tecnología que permite que objetos como sensores domóticos o sensores instalados en el espacio público capten y transmitan información a un sistema central. La miniaturización de los componentes electrónicos junto con la extensión de la conectividad inalámbrica ha permitido un desarrollo exponencial del número de dispositivos *IoT* instalados en el mundo (Sinha, 2023).

[35] Un gemelo digital es un modelo virtual de un objeto físico, generalmente complejo. Ver https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-twin. Consultado el 24 de septiembre de 2021.

1. **¿Cuál es el grado de influencia de los objetos digitales en la percepción del espacio público?** Parece que los objetos digitales no alteran fundamentalmente la percepción del sujeto respecto al espacio público, sino que simplemente refuerzan o atenúan ciertos valores del mismo (Bailly y Marchand, 2021). Un ejemplo de componentes neutros son los sensores, invisibles en la mayoría de los casos salvo cuando se asocian a la prestación de un servicio, como por ejemplo al mostrar la afluencia de tráfico o al modificar la regulación de la prioridad semafórica. Por el contrario, los *smartphones* sí parecen ser determinantes en la percepción del espacio público, ya que modifican nuestra relación con el mismo de una manera sustancial: crean una especie de burbuja social alrededor del usuario y desdibujan las cualidades visuales del entorno en beneficio de otras cualidades sensoriales.
2. Asimismo, cabe plantearse **nuevas definiciones de la calidad urbana** para un uso del espacio en el que la ciudadanía va a estar equipada con *smartphones* que crean una cierta desconexión con el espacio circundante, que acortan la mirada del usuario del espacio público, que potencian la experiencia sensorial frente a la visual, que proporcionan en algún caso mayor sensación de seguridad, y que precisan de un cierto recogimiento y calma para su utilización.

Pero como se señala a continuación, ampliar el objeto de diseño para incluir la capa digital de la ciudad no es la única adaptación que el proyecto de diseño urbano tiene pendiente. El hecho de que el mundo digital hace tiempo que diseñe de manera iterativa -y mediante el avanzado uso de indicadores- sus negocios más pujantes, ha de ser también motivo de reflexión para la disciplina. Ello no quiere decir que haya que fiar la construcción del saber únicamente a los indicadores, pues éstos "no reflejan tanto el saber colectivo, como el resultado visible de ese saber" (Innerarity, 2011:246).

[2.1.3] Innovación en procesos

Ya se ha apuntado que es en materia de procesos donde cabe esperar las innovaciones urbanas más relevantes en el futuro. Unas innovaciones en procesos destinadas a mejorar algunos de los problemas identificados en la disciplina como la escasa participación ciudadana,[36] la compartimentación del proceso de diseño respecto al proceso constructivo,[37] o la incorporación al cuerpo de la disciplina, sin una suficientemente sólida crítica científica, de muchos de sus postulados (Marshall, 2012). Esto último constituye un problema de especial relevancia para la tesis por su relación con el método propuesto, pues como el propio Marshall argumenta, "es necesaria una mayor sistematización de la verificación y de la asimilación crítica del conocimiento científico que conforma la teoría del diseño urbano".

Para ahondar en el problema, preocupa especialmente que raramente se revisen los proyectos una vez finalizados para comprobar mediante métricas e indicadores su

[36] Problema señalado, por ejemplo, por Allan Jacobs y Donald Appleyard, quienes abogan por introducir la participación ciudadana en el proceso de diseño de la ciudad: "[...] Sobre el proceso: si bien nos hemos concentrado en definir las características físicas de un buen tejido urbano, el proceso de su creación es crucial. Tan importante como los muchos edificios y espacios son los muchos participantes en el proceso constructivo. Es a través de esta involucración en la creación y gestión de su ciudad como los ciudadanos tienen más probabilidad de identificarse con ella y, por extensión, de ampliar su propio sentido de la identidad y del control." (1987)

[37] Se ha cuestionado que la propia actividad del diseño pueda considerarse un proceso aparte de la construcción, sino que dicha actividad parece parte indivisible del proyecto constructivo (Dorst, 2006). Así, la definición del problema y la solución evolucionan conjuntamente a medida que el propio diseñador aprende en cada iteración. Este enfoque es perfectamente consistente tanto con la defensa de Popper -enunciada en el capítulo introductorio- del uso de métodos incrementales para abordar proyectos sociales, como con la idea de la tesis de considerar el proceso de diseño y construcción como un proyecto iterativo y unitario. El diseño se realiza a través de la construcción: ambos avanzan en paralelo.

[tabla 2.2]

Tipos de objetos digitales y su influencia en la percepción del espacio público

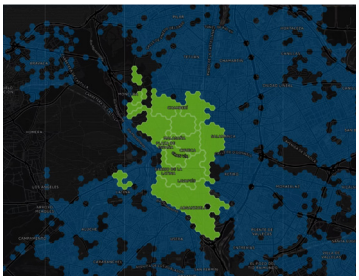
Categoría	Descripción
Espacios mediados	Relacionan unos lugares con otros. Por ejemplo. un cartel digital que nos anuncia un evento, o una aplicación de "mercado digital" que nos permite conocer la disponibilidad de los productos en una agrupación de comercios.
Objetos digitales	Categoría que engloba tanto a los sensores -por ejemplo, para medir el número de vehículos- como los dispositivos instalados en la vía pública para el acceso a determinados servicios, como un poste del servicio público de alquiler de bicicletas o una antena Wi-Fi.
Realidad aumentada	Tecnología que hace que, al apuntar el objetivo de la cámara del móvil a cierto objeto, en nuestra pantalla se desplieguen nuevos atributos del objeto, complementando así la realidad física. Aunque se trata de una tecnología que precisa del móvil para su aprovechamiento, merece considerarse aparte ya que se diseña de manera independiente a los dispositivos. Gracias a ella es posible no solo visualizar los restos arqueológicos que hay enterrados bajo una calle o las fachadas de una plaza en una determinada época pasada, sino que también podemos acceder a diseños virtuales alternativos de nuestro entorno.
Dispositivos de "ecología híbrida"	Elementos que nos transportan del mundo virtual al físico alternativamente, como ***smartphones***, consolas, ordenadores portátiles o tabletas.

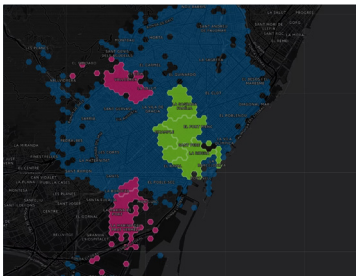
éxito o su grado de ajuste a las expectativas (Carmona, 2013). En este sentido, la tesis sugiere una carencia adicional: es muy infrecuente la definición de esas expectativas *a priori* de una manera cuantificable. En el mejor de los casos, los indicadores tienen que ver más con atributos del espacio que con su uso (Reid y Ewing, 2013).

Aventuramos que una de las razones de este problema tiene que ver con la propia lógica económica del espacio público. En el caso del diseño de un centro comercial, parámetros como el número de visitantes o el volumen de ventas de los establecimientos son claves para la rentabilidad económica de la infraestructura, y la figura del promotor o gestor del centro comercial vela por el cumplimiento de las expectativas como vía para asegurar la rentabilidad del negocio. Por el contrario, en el caso público, los incentivos para establecer un cuadro de mando de indicadores que monitorice la actividad en una zona comercial son menos apremiantes aunque, como muestra la [figura 2.2], este seguimiento sea tecnológicamente posible.

[figura 2.2]

Estudio comparativo entre Madrid y Barcelona realizado por BBVA Data & Analytics a través de transacciones de tarjetas bancarias, en el que se compara la relación entre zonas de actividad turística y comercial. En Madrid (arriba) ambas coinciden, mientras que en Barcelona (abajo), las zonas de Parque Güell (noreste) y Montjuïc (sur), poseen grandes atractivos culturales pero baja densidad comercial. Como resultado, los comercios de Madrid se benefician más que en Barcelona de las compras de los visitantes. Fuente https://www.bbva.com/en/innovation/barcelona-madrid-figures/ (consultado el 3 de mayo de 2022)





Además de lo anterior, el carácter secuencial de la metodología habitual del proyecto de diseño y construcción presenta un problema añadido. Como apunta Carmona (2014), esa secuencialidad es la norma, y a lo sumo únicamente se introduce la iteratividad en la fase de diseño (Shirvani, 1985), (Moughtin et al., 1999), (Kasprisin, 2011), (Cooper y Boyko, 2020). Al no existir esta iteratividad en la fase constructiva, no es posible realimentar el diseño en el corto plazo ni incorporar al proyecto el *feedback* de campo. Por ello, la metodología de la tesis plantea considerar el prototipado rápido y la recolección de datos de uso, tal y como se justifica a continuación.

[2.2] DISEÑO ITERATIVO

Consistentemente con la naturaleza ecosistémica de la ciudad y con la "ingeniería del poco a poco" de Popper, una de las vías de progreso del diseño urbano podría consistir en la realización de mínimas intervenciones para apoyar los procesos de diseño inconscientes derivados de la propia ocupación y uso del espacio (Cuthbert, 2012). Parece un argumento sólido, consistente tanto con el urbanismo evolutivo u orgánico a que Chris Alexander dedicó buena parte de sus escritos como con la visión de Jan Gehl ("primero la vida, luego el espacio público, y finalmente los edificios"). Será, pues, la perspectiva a adoptar.

[2.2.1] La ciudad como sistema complejo

La naturaleza compleja y orgánica de las ciudades (Alexander, 1965) (Batty, 2013) aflora dos consecuencias importantes para los proyectos de diseño:

- el carácter abierto del diseño, y
- la indeterminación de su comportamiento

Se ha sugerido que el carácter complejo de lo urbano implica que la solución al problema del diseño de la ciudad pasa por dejar el acabado final sin definir (Bettencourt, 2013, 11), relajando los usos específicos de los espacios, o descentralizando la capacidad de decisión a los agentes locales más ligados al entorno [figura 2.3]. En una línea no muy distante, Lefebvre opinaba que todo ejercicio de participación ciudadana en los asuntos urbanos que no pase por la autogestión es poco menos que un fraude (1974). En términos menos maximalistas se formula la cultura colaborativa de Richard Sennett, según la cual el diseñador sería un agente más embarcado en la tarea cooperativa de dotar de vida al espacio público (2012), y los laboratorios urbanos el lugar donde esta facilitación entroncaría con el resto de agentes. En este sentido, la tesis puede interpretarse como un manual para facilitadores del proceso de diseño.

Otra consecuencia de la complejidad es su falta de encaje con las ideas deterministas, que se han hecho particularmente fuertes en el fenómeno de las *smart cities*, impulsadas por la industria tecnológica y la necesidad por parte de muchos responsables de los departamentos tecnológicos de las ciudades de reducir la dicha complejidad urbana a parámetros manejables. Un intento de simplificación que Alexander explica de manera certera achacando los intentos de "simplificación de la ciudad" a la "manera en que funciona nuestra mente", "incapaz de abarcar la complejidad de las estructuras complejas en un simple acto mental" (1965).

Dicha simplificación implica descartar ciertas interacciones y propiedades más sutiles, sin las cuales no es posible recrear desde cero el sistema para que se comporte autónomamente. Podemos modelar la vida con un aceptable grado de precisión, pero no es tan sencillo recrearla, aunque nos inspiremos en las formas orgánicas del pasado para extraer sus "principios abstractos de ordenamiento" (Alexander et al., 1987).[38] Ello es debido a que, en los sistemas complejos, el todo es más que la suma de sus partes o, en otras palabras, "más (sic) es diferente".[39] Con todo, no parece que el planeamiento de las ciudades en estructura de árbol -contrario a su naturaleza compleja- sea debido sólo a un acto mental de simplificación. También existe una tradicional componente de control (Debord 1958)[40] que hoy aparece con fuerza renovada en el fenómeno de las *smart cities* (Townsend, 2013).

Finalmente, del indeterminismo de los sistemas complejos se deriva su falta de linealidad: los ecosistemas naturales o urbanos[41] no se comportan con la predictibilidad que uno puede esperar del diseño de una máquina, un programa sencillo o una factoría. Y si no es posible predecir con precisión su comportamiento futuro (sus salidas), en función de sus entradas, resulta con toda lógica aventurado plantear que una metodología lineal pueda fructificar, por sistema, en las mejores soluciones al problema de diseño.

[38] Según este grupo de autores, la complejidad urbana no solo abre las puertas a pensar que históricamente su diseño fue exclusivamente fruto de la selección natural de aquellas soluciones mejor adaptadas al medio. También cabe plantear la posibilidad de que una parte del catálogo de formas urbanas procedentes de las ciudades que crecieron orgánicamente en la antigüedad fueran producto de un conocimiento distribuido que articulaba la respuesta más adecuada en cada caso a las condiciones locales de contorno, ejerciendo "de facto" un diseño urbano "inconsciente".

[39] Del aforismo procedente de la teoría de la complejidad *more is different*.

[40] Algunos autores han revisado y matizado la crítica hacia el urbanismo "haussmaniano" ejemplificada por la virulencia de Debord, llegando por ejemplo a la conclusión de que las políticas en vivienda social de París han sido facilitadas por la elección de emplazamientos hecha por Haussmann (Jallon, Napolitano y Boutté, 2017) (Freemark, Bliss y Lawrence, 2021).

[41] El término "ecosistema urbano" incluye tanto las características ecológicas de la ciudad (sus espacios naturales, su consumo de materias primas, sus flujos de agua, etc) como las espaciales, sociales y económicas, cuya intrincada complejidad e interdependencia dotan a lo urbano de su carácter "ecosistémico".

[figura 2.3]

Viviendas en Iquique (Chile), obra de Alejandro Aravena. Diseñadas para enajenarse inacabadas (arriba) de manera que se refuerce la reapropiación y la agencia de los propietarios (abajo). (Sennett, 2018).

[2.2.2] Metodologías ágiles y pensamiento *lean start-up*

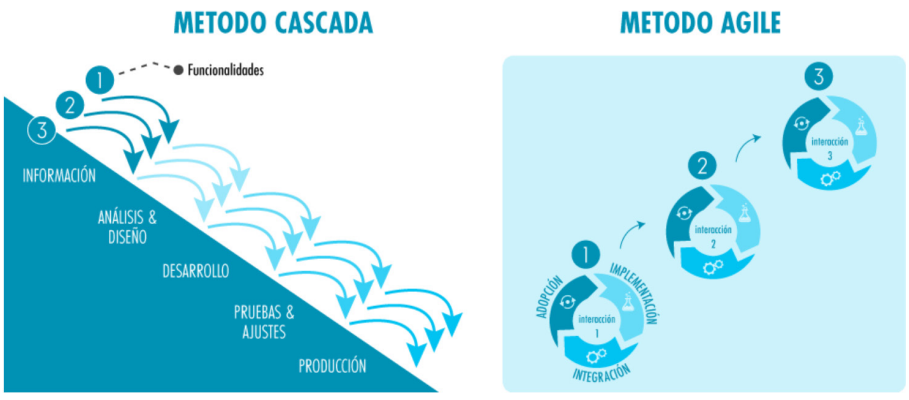
Las metodologías lineales, o "en cascada" se articulan, de manera general, en fases consecutivas que van desde la planificación a la operación en producción, pasando por el diseño y por el desarrollo o implementación [figura 2.4.a]. Aunque pudieran funcionar en sistemas cerrados, el incremento de la conectividad geográfica y entre sistemas hace que cada vez más actividades se conduzcan en entornos altamente cambiantes e impredecibles. Otras veces, las necesidades de los usuarios están latentes o son desconocidas a priori. En estas condiciones, la adaptabilidad de las metodologías iterativas conlleva ganancias en eficiencia, especialmente si el *feedback* se recibe de manera inmediata, pues "los procesos a largo plazo raramente proveen de un buen *feedback*" (Thaler y Sunstein, 2008).

Entre las metodologías iterativas se encuentran las metodologías ágiles [figura 2.4.b], las cuales, a grandes rasgos, consisten en la realización de rápidas iteraciones al final de las cuales el prototipo resultante se presenta a los usuarios para obtener sus impresiones. Así, el proyecto se desarrolla en cortos ciclos, con el número de funcionalidades validadas por los usuarios aumentando en cada uno de ellos.

Las metodologías ágiles poseen un ciclo básico de desarrollo muy corto -puede llevar tan solo unas pocas semanas-, que comienza con una sesión de "historias de usuario".[42] En ella, el equipo de desarrollo y los usuarios priorizan y pactan las funcionalidades que se van a implementar. Al final del ciclo, los usuarios aceptan o rechazan los cambios, dando lugar así a una nueva iteración. Así, son los propios usuarios quienes expresan y definen el uso, y es precisamente este estrecho contacto entre usuarios y desarrolladores durante toda la fase de desarrollo lo que confiere al proyecto de diseño una mayor capacidad de adaptación.

No obstante, conviene advertir que las metodologías ágiles resuelven algunos problemas, pero no todos. Si bien es cierto que el desarrollo ágil de servicios permite una mejor adaptación a condiciones y requerimientos cambiantes durante el desarrollo, no garantiza el acierto respecto a lo que el usuario final va a querer usar: la opinión de los usuarios (aunque importante) no es sinónimo de éxito. En otras palabras, las metodologías ágiles no son sinónimo de sostenibilidad por sí solas.

[42] Una "historia de usuario" es la expresión de un requerimiento del objeto a diseñar mediante el punto de vista del usuario. Nótese, en primer lugar, que el diseño ya no se define en términos de las características del objeto o sistema a construir, sino en base a cómo el cuerpo de usuarios se va a servir de él.



[figura 2.4]

Metodologías "en cascada" (a) vs. metodologías ágiles (b)

El pensamiento *lean start-up* (Ries, 2011) que presentamos a continuación, es utilizado precisamente en gran parte de la industria digital para maximizar las probabilidades de éxito de los diseños de servicios. En esencia, consiste en la aplicación del método científico hipotético-deductivo al desarrollo de soluciones, puesto que define los diseños como "hipótesis" y su prueba en campo como "experimentos", y establece que para realizar un "experimento" es preciso:

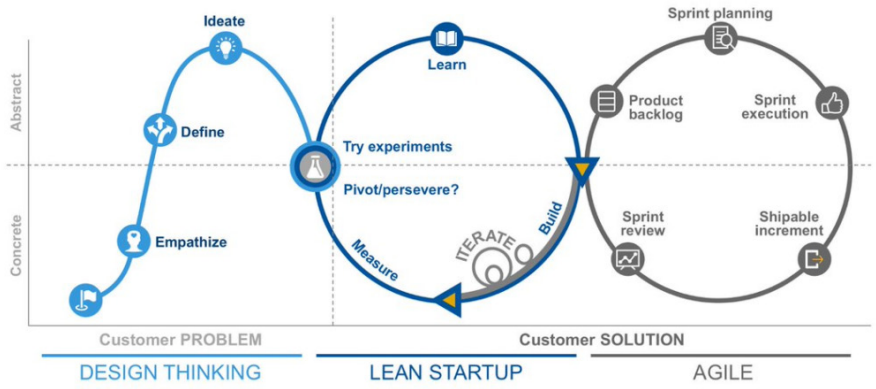
- definir a priori las métricas sobre las que probar la hipótesis, y
- construir un prototipo, o "Mínimo Producto Viable" (MVP).[43]

Lean start-up basa gran parte de su eficacia en promover la realización del experimento de validación de la hipótesis de la manera más rápida y al mínimo coste posible, y puede complementar de manera eficaz a las metodologías ágiles, por ejemplo, en el desarrollo de aplicaciones y plataformas digitales [figura 2.5]. Su aplicación dentro de una metodología evolutiva -en sentido amplio- de diseño urbano que profundice y asiente empíricamente los principios metodológicos aquí presentados, constituye un camino de investigación prometedor apenas iniciado.

En cuanto al empleo de métricas, éste es consustancial a las metodologías iterativas -tanto si se trata de metodologías ágiles, *lean start-up*, o de la combinación de ambas-, al menos, en dos fases como la definición a priori de los indicadores de éxito y la medida de dicho éxito tras cada iteración. Por ello, la tesis dedica una sección al importante asunto de los indicadores, partiendo de la base del estado del arte existente en su aplicación al diseño urbano.

[2.3] HERRAMIENTAS

Para finalizar las premisas, procede un repaso a cómo tres importantes herramientas del proyecto -los agentes, los datos y la representación geográfica de los mismos- se sitúan en el contexto actual del diseño urbano. A este respecto, cabe precisar que no debe sorprender considerar a los agentes como una herramienta del proyecto. Si, como ya se ha señalado, el diseñador adopta un rol de facilitación, su principal labor consistirá entonces en incorporar los saberes de diversos perfiles y las necesidades del conjunto de usuarios.



[figura 2.5]

Posible combinación de tres metodologías: *design thinking*, metodologías ágiles y pensamiento "*lean start-up*" propuesta por Gartner para proyectos digitales. No existe, por el momento, una propuesta equivalente para diseñar objetos físicos. Ver https://smartstudios.io/blog/design_thinking_lean_agile/. Accedido el 21 de julio de 2022.

[43] De sus siglas en inglés *Minimum Viable Product*.

[2.3.1] Agentes y sujeto

La tesis considera al conjunto de agentes con intereses en el proyecto de diseño como herramientas fundamentales para la calidad de los resultados: de ellos depende la sostenibilidad del mismo pues, sin usuarios el proyecto no tiene valor.

Ahora bien, tradicionalmente la incorporación del sujeto y sus preferencias a la cuestión urbana ha admitido diversos grados y enfoques. Grados que transitan desde la consideración del sujeto como mero usuario hasta la plena autogestión, y enfoques que abarcan la política -a través de la democracia deliberativa-, la ingeniería -mediante el movimiento *maker* o *Do It Yourself (DIY)*-, el diseño urbano -gracias al *place making*-, o la perspectiva neurocientífica o psicológica -encarnada en la psicogeografía-.

En lo relativo a la planificación y diseño urbanos, dicha perspectiva de usuario ha ido ganando en importancia a lo largo de las últimas décadas. Desde una consideración inicial fundamentalmente interpretativa en la que los urbanistas evaluaban y plasmaban en su producción intelectual y material las supuestas necesidades de los habitantes de la ciudad, se han ido abriendo puertas a una mayor agencia por parte del cuerpo de usuarios del espacio público (Foth, 2017). Así, la relación entre la administración y la ciudadanía ha ido evolucionando desde los roles de "administradora y residente (ciudad 1.0)", a "proveedora de servicios y consumidora (ciudad 2.0)", hasta llegar en algunos casos actuales a encarnar, respectivamente, los roles de "facilitadora y participante (ciudad 3.0)". De hecho, Foth aventura incluso un modelo de ciudad 4.0 en la que los roles de la administración y la ciudadanía sean, respectivamente, de "colaboradora y co-creadora" [tabla 2.3].

Esta sed participativa topa con evidentes resistencias ya que, como cualquier ecosistema, la ciudad, su forma y funcionamiento, es el fruto de un delicado equilibrio de fuerzas. Recordando los diferentes prismas a que hacíamos referencia en una sección anterior -racionalista, ecológico, tecnocrático y humanista- el conflicto se expresa mediante el choque entre la visión de la ciudad como artefacto industrial a comprender y diseñar fundamentalmente mediante técnicas de influencia ingenieril y matemática, frente a una concepción humanista y ecológica de la misma -que no excluye, como ya se ha dicho, el uso de métodos científicos-.

Desde la revolución industrial hasta bien entrado el siglo XX la necesidades de un desarrollo económico basado en la industria hicieron de sus intereses -grandes terrenos, acceso a vías de comunicación, generación de residuos- asunto prioritario para la planificación urbanística, dificultando así un urbanismo compatible con la calidad del espacio público. Aunque recientemente el desarrollo de la industria digital -con menores externalidades negativas en el entorno- ha abierto más oportunidades para la mezcla de usos -y, por consiguiente, para una mejor calidad urbana- también ha trasladado el conflicto a nuevos escenarios, como el de la privatización de la esfera digital -de la cual la explotación de datos es un ejemplo- y del espacio público -para su aprovechamiento por parte de promotores del sector del ocio y espectáculos-.

Ciudad	Rol de la administración	Rol de la ciudadanía
1.0	Administradora	Residente
2.0	Proveedora de servicios	Consumidora
3.0	Facilitadora	Participante
4.0	Colaboradora	Co-creadora

[tabla 2.3]

Evolución por etapas de la participación ciudadana en la ciudad, según Foth.

Se puede sugerir, por tanto que, si bien el conflicto entre la función logística y social de la ciudad varía puntualmente de intensidad y de foco, poco se ha avanzado en realidad en su resolución. No han podido realizarse ni los planteamientos extremos humanistas, como los de los situacionistas, quienes abogaban por el fin del urbanismo como actividad inherentemente opresora (Marelli, 1998), pero tampoco han podido ser realizados en su totalidad los planteamientos de la industria de las *smart cities*, analizados en profundidad en la tesis mediante el caso de *Toronto Tomorrow*. Allí, el proyecto de *Smart City* que Sidewalk Labs (empresa subsidiaria de Alphabet, matriz de Google) ha propuesto para Toronto ha demostrado que tampoco es viable dejar a la industria la solución del conflicto.[44]

La tesis intenta mostrar cómo, entre la autogestión total del espacio público y su privatización, hay caminos intermedios para conjugar la visión social y logística de la ciudad. Aspirar a un mayor equilibrio -siempre precario, eso sí- pasa por:

- aumentar la implicación en el proyecto de los agentes con intereses en el espacio,
- incorporar al proyecto la cualidad de flexibilidad -y reconfiguración- como requisitos,
- diseñar un sistema de analítica de datos transparente y mínimo.

De esta manera, los agentes (principalmente, usuarios y promotores) podrían monitorizar y comprender mejor tanto las dinámicas que operan en el espacio público como los efectos de las sucesivas iteraciones del proyecto sobre ellas. Su participación en el proyecto de diseño se considera esencial para la adecuación del mismo a las expectativas y necesidades, asunto que cubrirá la metodología propuesta.

[2.3.2] *Big data* urbano

En los últimos años las organizaciones han ido desarrollando, en mayor o menor medida, una cierta "cultura del dato". El aumento de la capacidad computacional y de almacenamiento de los ordenadores permitieron doblar cada dos años aproximadamente -según la Ley de Moore- el tamaño de las bases de datos empresariales. Un crecimiento de tal envergadura que dio lugar a nuevas profesiones como la llamada "minería de datos",[45] restringida inicialmente a la analíticas de datos internos a las

[44] La oposición de activistas locales -denunciantes de la amenaza que el control de sobre las infraestructuras físicas y digitales pudiera suponer para derechos como la privacidad o la participación cívica- y el tejido empresarial local -excluido de los beneficios de la gran operación inmobiliaria que se escondía tras el llamativo barniz tecnológico-, hizo sucumbir el proyecto. (Sarasa, 2020).

[45] Conjunto de técnicas informáticas destinadas a la extracción, procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos. Consúltese https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/data-mining. Accedido el 21 de noviembre de 2023.

organizaciones. Sin embargo, a finales de la primera década del nuevo siglo, en torno a 2010, cada vez más administraciones públicas entraron en una dinámica de apertura de datos. Se acuña el concepto de "datos abiertos" u *open data* para denominar los datos en manos públicas que deben ser compartidos con el conjunto de la ciudadanía por una cuestión de transparencia.

Ayudados por la extensión de los *smartphones* o teléfonos móviles inteligentes. pronto aparecieron concursos de desarrollo de aplicaciones -también llamados "hackathones"- que, tomando como fuente los datos abiertos liberados por las distintas administraciones, dieron lugar a servicios urbanos de cálculo de rutas, de agenda cultural, o de monitorización del nivel de polen, por ejemplo.[46]

Es en este contexto cuando, tras varios años impulsando este tipo de eventos sobre datos abiertos se empezaron a constatar algunas limitaciones de la fórmula:

- pocas de estas aplicaciones desarrolladas por los ciudadanos conseguían encontrar modelos de negocio sostenibles,
- las barreras tecnológicas eran todavía demasiado grandes como para permitir a la gran mayoría de los ciudadanos participar en "hacktahones".[47]
- su producción se ha circunscrito a mayormente a servicios digitales; siendo escasos los ejemplos de uso de los datos abiertos para el diseño de lugares, ya sean plazas, calles, o edificios.

Trabajar con datos urbanos de carácter abierto para que la ciudadanía se incorpore de manera efectiva al proceso de diseño urbano supondría ya un importante avance en el estado del arte. Sin embargo, ello requiere de tres importantes premisas: la disponibilidad del dato, su anonimización y su claridad.

En efecto, la primera premisa para emplear los datos en la producción de espacios es la **disponibilidad del dato**. Para ello, es necesario habilitar esquemas de compartición de datos entre las administraciones públicas y las grandes empresas privadas que operan servicios urbanos, sean públicos, como el transporte o el saneamiento, o privados, como el alquiler de apartamentos turísticos o el reparto de comida a domicilio. Dichos espacios de compartición de datos forman parte de la caja de herramientas propuesta.

En cuanto a la naturaleza de los datos a usar en los procesos de diseño, no podemos circunscribirla exclusivamente a datos no personales. Precisamente, **trabajar con datos personales** representa un importante desafío en el que indagará la presente tesis. Aunque las administraciones poseen una creciente cantidad de datos públicos en formato abierto referidos a objetos o acontecimientos, el desmesurado valor bursátil de Google, Uber, Facebook, u otros grandes gigantes de Internet demuestra que la auténtica generación de valor radica en el llamado *big data*, y éste se encuentra compuesto principalmente por datos personales.[48]

[46] Se trata de servicios y aplicaciones desarrollados por ciudadanos con conocimientos tecnológicos muy avanzados, demostrando que la generación de tecnología para la ciudad no estaba sólo al alcance de las empresas a través de contratos públicos, sino que las condiciones formativas de nuestra sociedad, unido al bajo coste y a la potencia de la tecnología, estaban permitiendo una clara democratización de la producción tecnológica en el ámbito urbano.

[47] Para contrarrestar el efecto de las barreras tecnológicas han aparecido los "hackathones" de ideas o "ideathones", eventos no tecnológicos en los que los participantes proponen y seleccionan ideas para la mejora de su entorno. Un ejemplo es "100 ideas Zaragoza". Véase https://openurbanlab.com/categoria/100ideaszgz/

[48] Datos personales que, incluso cuando están referidos al ámbito urbano, se encuentran principalmente en las manos de las grandes corporaciones, bien sean los mencionados gigantes digitales, los bancos, las empresas de transporte, o las corporaciones energéticas, por ejemplo.

La tesis debe considerar, por tanto, el trabajo con datos personales, aún con las limitaciones que ello supone. Superarlas sin menoscabo del derecho a la privacidad y el anonimato es uno de los grandes desafíos del presente trabajo. Para ello se dedica un capítulo a analizar la actual regulación europea en materia de compartición de datos (*European Data Act*) y de su gobernanza (*European Data Governance Act*), así como para comprender las nuevas figuras en el mundo del dato, las obligaciones y limitaciones impuestas a las políticas públicas en torno a él, y finalmente sus posibilidades y oportunidades.

La tercera premisa es la **accesibilidad real**, es decir, que los datos -o, al menos, la información contenida en ellos- lleguen a los agentes relevantes en el diseño urbano: profesionales, técnicos de la administración, ciudadanos, tejido académico e investigador, y empresas. Para ello es necesario habilitar espacios físicos y digitales de trabajo que actúen como conectores entre los datos y los citados agentes.

Los ayuntamientos, como administración pública responsable de la gran mayoría de los proyectos de diseño urbano, "al menos de los de diseño de espacio público que constituyen nuestro campo de interés", no tienen la misma capacidad de extraer el valor de los datos que las grandes plataformas digitales. Ello genera lo que en otros trabajos hemos denominado como "brecha del dato".[49] En relación con esta brecha, el ejemplo de *Toronto Tomorrow* también resulta paradigmático, ya que se trata de un ejemplo avanzado de recolección y analítica de datos para su uso en el diseño y reconfiguración del espacio público -con un particular foco en el espacio público comercial- y, al mismo tiempo, supone una cierta claudicación por parte de los poderes públicos ante la responsabilidad de implementar los medios técnicos y humanos para realizar estas tareas desde un estricto control público. En su lugar se planteó la derivación de estas funciones a entes privados.

[2.3.3] Geografía dinámica de la percepción

La última de las herramientas a considerar tiene que ver precisamente con la manera de hacer inteligibles los datos a los distintos agentes involucrados en el proceso de diseño, de manera que estos datos puedan ser realmente utilizados en la producción de proyectos. En relación a ello, hay que tener en cuenta que la visualización de las actividades humanas implica la construcción continua de mapas realizados a partir de grandes volúmenes de datos de fuentes variadas y que cambian a gran velocidad. Todo ello exige nuevas cartografías.

Para la incorporación de estas nuevas cartografías la tesis parte de la geografía del comportamiento y la percepción -que estudia los procesos de decisión del individuo en relación con su entorno, y cómo éste influye en aquéllos- (Golledge y Stimson, 1997). Su desarrollo a partir de los años setenta del siglo XX por parte de autores como Rogers y Stea (Downs y Stea, 1973) y su progresiva incorporación al diseño del espacio y las infraestructuras públicas se antoja de la máxima importancia ya que permite compensar el desequilibrio que supone su aplicación únicamente en el diseño

[49] La brecha del dato es un término propio que representa la distancia en capacidades para la analítica e interpretación del *big data* de la que adolecen las AA.PP respecto a las grandes corporaciones y las plataformas digitales que, precisamente, han hecho de la analítica de datos avanzada su palanca de negocio más importante. (Arnal y Sarasa 2021). Una brecha que también es geográfica y que separa a las economías del Norte y del Sur: de sur a norte fluyen los datos, de norte a sur el conocimiento (Duarte y Álvarez, 2019)

y creación de ambientes propicios a las compras en los más grandes y avanzados de nuestros centros comerciales.[50] Es precisamente por este avanzado estado del arte en la aplicación de la geografía de la percepción para fines privados que interesa considerar cómo aplicar en al ámbito público técnicas ya usadas en los modernos centros comerciales.[51] Éste es el razonamiento básico que subyace tras el proyecto de Paseos Comerciales contemplado en el Plan de Equipamientos Comerciales de Zaragoza, y lo que justifica incluir algunos de sus experimentos en la investigación.

En cuanto a la representación espacial de la ciudad, desde finales de los años setenta del siglo XX y gracias sobre todo al desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la cartografía se ha convertido en "el marco" por excelencia dentro del cual se desarrolla "el proceso de diseño sistematizado" (De Monchaux, 2017:170). Sin embargo, y a pesar del innegable desarrollo de la tecnología GIS, todavía parece haber gran margen de mejora. Así, una de las áreas de mayor potencial para el diseño urbano la constituiría la "la recolección de datos y las técnicas sofisticadas de construcción de mapas" que nos permiten albergar la esperanza de "aunque sea parcialmente" entender los nuevos fenómenos urbanos (Taylor, 2009). La [figura 2.6] ilustra un ejemplo de estas nuevas técnicas cartográficas.

El dato y la cartografía son pues herramientas necesarias para entender la urbanización de nuestra sociedad y para diseñar un futuro urbano que "promueva la densidad como el antídoto ante la expansión de la ciudad", un papel cada vez más estructurante de la movilidad -esa "fuerza determinante de la forma urbana" (Taylor, 2009), o la necesidad de propiciar la mezcla de usos, idea que actualmente se ha popularizado bajo la denominación de la ciudad de los 15 minutos. Respecto a la relación de ese "espacio psicológico" con la cartografía, hay que señalar cómo ésta nos ayuda a dibujar nuestro propio mapa mental -un concepto propuesto por Tolman en 1948 y aplicado por Lynch al diseño urbano en 1960- del territorio por donde nos movemos. Cuando este cambia rápidamente, como ocurre en la ciudad con los ciclos diarios, es cuando necesitamos añadir la variable temporal a la representación bi o tridimensional.

La geografía en cuatro dimensiones -las tres espaciales más el tiempo- se torna así esencial para extender el conocimiento sobre lo urbano a la ciudadanía, siempre que esta geografía sea representada de una manera suficientemente sencilla. La tesis sugiere que el diseño urbano precisa de mapas dinámicos y, por tanto, digitales. En efecto, se propone la incorporación de la dimensión temporal a la cartografía digital, de manera que se facilite entender cómo se usan los lugares con el tiempo a diferentes escalas temporales, ya que sus patrones de uso cambian a lo largo de las 24 horas del día. La previsible mezcla de usos, y el hecho de que los diferentes tipos de actividad utilizan el espacio público en horas diferentes, hará necesario considerar una alta resolución temporal.

[50] La posibilidad de aplicar técnicas multisensoriales para la creación de ambientes urbanos propicios a determinados estados de ánimo solamente en los centros comerciales privados supone, de facto, derivar hacia usos mercantilistas o "logísticos" la intención original de autores situacionistas como Constant, Debord o Jörn, quienes las propusieron para favorecer estados de ánimo propicios a la búsqueda del placer y el juego, y para quienes era precisamente la función logística del urbanismo una de las fuerzas opresoras del hombre.

[51] Los centros comerciales han aplicado muy eficazmente técnicas multisensoriales -música, organización visual, aromas y olores- de creación de ambientes. Avances que, en la actualidad, y con la incorporación de tecnologías digitales, han provocado una considerable distancia entre el uso de tecnologías como el *big data*, el análisis de sentimientos o la creación de ambientes en el diseño de espacios y servicios entre el ámbito privado y público.

[figura 2.6]

Nuevas cartografías de Nueva York (arriba) y Londres (abajo) producidas por la aplicación de rutas deportivas Strava, que revelan los lugares favoritos de los habitantes de esas ciudades para entrenar. La perspectiva psicológica está clara: podemos inferir que en las rutas más frecuentadas se experimentan ciertas condiciones básicas para la práctica deportiva: sensación de seguridad, orientación, así como un ambiente respirable y agradable. Fuente https://www.strava.com/maps/global-heatmap (Consultado el 4 de mayo de 2022)

La representación -o visualización- dinámica de datos urbanos sobre cartografías digitales es otro de los asuntos importantes. Una importancia ya detectada por uno de los padres de la cartografía digital, Howard Fischer -impulsor del programa SYMAP, a partir del cual se desarrollaron los sistemas GIS actuales- quien dedicó incontables esfuerzos en alcanzar la máxima "claridad superficial" de las visualizaciones de SYMAP a través de numerosos estudios sobre el color y su psicología (De Monchaux, 2017: 168-169). Una "claridad" que, en primer lugar, es tanto más necesaria en cuanto más complejo resulta el sistema a representar, y las ciudades -ya se ha señalado- son sistemas de alta complejidad.

Para representar esta complejidad se precisan representaciones "en tiempo real, con una mayor granularidad (espacial), y (que representen fenómenos) de alta frecuencia" (Moro, 2022) para lo cual la escala temporal debe ser suficientemente fina. Y, en segundo lugar, hay que recordar que uno de los objetivos de la tesis es hacer partícipe a la ciudadanía del proceso de diseño. La representación de datos que se busca debe ser capaz de sintetizar la complejidad en visualizaciones accesibles y sencillas de comprender. Para ello, las habilidades artísticas serán tan importantes como las informáticas.

Una de las tareas de la visualización artística que el proyecto precisa tiene que ver con cómo percibe la ciudadanía la ciudad, sus lugares y servicios. Es necesario indagar nuevas maneras de visualizar la ciudad y así "desencallar el estudio de la ciudad y su arquitectura en referencia a la imagen (...), intentar verla a través de la psicología" (Rossi 1978/2016, p. 130). Sin la psicología no pueden entenderse ni la economía -en toda compra hay algo de racional y de irracional- ni importantes aspectos del urbanismo como la movilidad, ya que no siempre acudimos a los comercios más baratos o más próximos, sino a aquellos que nos hacen sentir mejor, por su diseño, situación o entorno, aunque nos cueste más esfuerzo llegar hasta ellos. Cada servicio y lugar de la ciudad ocupa un sitio en nuestra cabeza y posee una imagen que es, a su vez, diferente para cada persona. Todo ello conforma nuestro mapa personal de la ciudad.

Lynch define tres rasgos principales para la construcción de ese mapa mental: la identidad, que no es otra cosa que los principales rasgos distintivos; la estructura, o relación espacial de la ciudad con cada uno de nosotros -cómo situamos mentalmente en la ciudad los lugares que conocemos, sus vacíos, sus distancias, sus formas y colores-, y el significado -emocional o utilitario- que cada uno de esos elementos y el propio conjunto tiene para nosotros. Todo ello configura nuestra particular geografía urbana. Un mapa personal, distorsionado, cambiante, subjetivo, que no se somete a la estricta lógica. O si no, ¿por qué para ir caminando a un determinado lugar muchas veces hacemos recorridos diferentes a la ida y a la vuelta, algo que nunca haría un algoritmo "tradicional"?[52]

[52] Por algoritmo "tradicional" nos referimos a programación lineal, usada para optimizar la gestión de recursos en función de unas determinadas condiciones de contorno. Por ejemplo, un algoritmo de cálculo de rutas de este tipo seleccionaría la ruta que proporcionará la distancia más corta o el menor tiempo de recorrido. Por contra, un algoritmo basado en inteligencia artificial -la cual se basa en un amplio banco de datos de recorridos previos- podría sugerir rutas "irracionales" o arbitrarias a partir de comportamientos previos.

En definitiva, para diseñar es preciso reconocer la arbitrariedad, y más teniendo en cuenta que arbitrariedad no necesariamente significa irracionalidad. Como recientes avances en neuropsicología reconocen, los sentimientos ocupan un papel central en nuestro proceso de raciocinio. El cerebro humano es una formidable máquina de clasificar biológica entrenada por millones de años de evolución para tomar decisiones en base a muy complejos parámetros. Por efecto de esa misma evolución, las decisiones en base a intuiciones "aciertan la mayor parte de las veces" (Kahneman, 2011).

La vieja dicotomía entre racionalidad e impulsividad se diluye a la luz de nuevos experimentos neuropsicológicos que demuestran que las zonas de procesamiento de los sentimientos se encuentran más distribuidas por nuestro cerebro de lo que se pensaba (Ellard, 2015:19). Evidentemente, si aceptamos que los sentimientos influyen en las decisiones, y dado el gran poder de la arquitectura sobre las emociones humanas, entonces parece incontrovertible el potencial del diseño urbano para influir en el comportamiento ciudadano. Y, a la inversa, si se es capaz de comprender, por la vía de la analítica y la representación de los datos de actividades humanas en la ciudad, cuáles son esos patrones de comportamiento y toma de decisiones, será posible realizar un diseño urbano sobre una caracterización transparente y comprensible de la relación emocional de la ciudadanía con la ciudad.

ANÁLISIS DE FLUJOS Y DISEÑO URBANO

DISEÑO URBANO DIGITAL ÁGIL Y DE BAJO COSTE.
UNA METODOLOGÍA ITERATIVA DE PROYECTOS PARA EL ESPACIO PÚBLICO COMERCIAL BASADA EN *BIG DATA*.

[3] ANÁLISIS DE FLUJOS Y DISEÑO URBANO

Como se ha expuesto en los dos primeros capítulos de la tesis, la ciudad puede entenderse como una gran red producto de la superposición de multitud de redes. De éstas, unas poseen un carácter más logístico -como las redes de suministro o la red semafórica-, otras son de carácter más social -como la red de centros cívicos o culturales-, y otras, como el espacio público -donde incluimos la red viaria- tienen un carácter mixto donde la función logística y social se combinan y realimentan. El ecosistema urbano resultante -tan natural como cualquier otro- es complejo, abierto, incierto, e interdependiente. Todo ello, unido a su naturaleza eminentemente social, aconseja acometer su diseño a través de métodos iterativos.

El presente capítulo presenta un primer conjunto de fundamentos metodológicos consistentes con lo anterior. En primer lugar, si el ecosistema urbano funciona en red, se sugiere que la propia representación de los hechos urbanos adopte un formato de grafo. Como veremos, esta representación, no sustitutiva, sino complementaria a las representaciones tradicionales, puede facilitar la comprensión de las dinámicas urbanas, abriendo nuevas oportunidades proyectuales.

Aunque a lo largo del capítulo se presentan diversas aplicaciones para esta representación en red de las distintas escalas de estudio, la principal para la investigación es la de la identificación de las localizaciones más adecuadas para ciertos tipos de proyectos de diseño urbano. Y es que la adecuada elección del lugar para cada actividad ha sido señalada como uno de los problemas de la disciplina de diseño urbano (Elrahman y Asaad, 2021). Ante ello, la tesis arguye que para maximizar las probabilidades de éxito la elección del lugar debe formar parte del proyecto de diseño.[1] Tenemos así una primera fase en metodología propuesta, a la que llamaremos “fase identificativa”.

Esta primera aportación metodológica se apoyará en un marco teórico-práctico en el que a la teoría de redes se suma una aproximación termodinámica. Conscientes del efecto generador de arquitectura que poseen aquellos lugares donde más intensas son las interacciones, es preciso reseñar que la manera en que la estructura urbana, se forma, crece y cambia en función de las interacciones ha sido convincentemente expuesta tanto en términos sociológicos (Castells, 1996), matemáticos (Batty, 2013), como desde el punto de vista de la física de la logística (LeCavalier, 2016). Esta generación de arquitectura puede verse en multitud de ejemplos: desde los grandes edificios construidos en torno a estaciones o aeropuertos, hasta el kiosko que se encuentra a la salida de una boca de metro.

Toda red se compone de tres elementos: los nodos -lugares de origen o destino-, los enlaces - la unión física entre nodos-, y los flujos -aquello que por la red circula-. Los nodos y los enlaces son infraestructurales; necesitan ser diseñados y construidos. Así, en la red ferroviaria, los nodos son las estaciones, mientras que las vías y los convoyes constituyen los enlaces por los que transitan los flujos de personas o de mercancías. De estos dos elementos, los nodos son los que más oportunidades presentan para la generación de proyectos,[2] pues en ellos se originan, confluyen, se interrumpen, o se procesan los flujos.[3]

[1] La máxima de Jan Gehl “primero (observar) la vida, después (diseñar) el espacio público, y finalmente (construir) los edificios” es asimismo consistente con este planteamiento (Gehl, 2011).

[2] Interpretación consistente con el “espacio de flujos” (Castells ,1996)

[3] Este punto de vista no excluye la atención al diseño de enlaces, al contrario. Los enlaces tienen interés para nosotros en la medida que el diseño urbano puede reforzar su carácter de nodos.

[figura 3.1]

Allá donde los flujos se interrumpen surgen oportunidades de generación de arquitectura.

a) Campamento de migrantes en Paso de Calais (Francia)

b) Centro de datos de Amazon. Autor: Ingrid Burrington. Fuente: https://www.theatlantic.com/technology/archive/2016/01/amazon-web-services-data-center/423147/

Las interrupciones de la continuidad en el tránsito de los flujos tienden a producir una huella arquitectónica, como puede comprobarse en el caso de los grandes centros de datos [figura 3.1.b] o en la autopista que atraviesa una frontera. Cuanto más dura es ésta, más arquitectura se genera, bien formal (servicios aduaneros, edificios auxiliares, de restauración, de compras u ocio), o informal (como un campamento de personas migrantes [figura 3.1.a]). Es posible comprender mejor este fenómeno pensando en términos termodinámicos: cada vez que un flujo se interrumpe, se crea, o se procesa, aparece una disipación de energía en forma de calor, bien por el rozamiento o bien porque es necesario aplicar energía para ese procesamiento. Y es ese calor el que, de una u otra forma, acaba generando vida alrededor.

Buscando la máxima eficiencia, los operadores logísticos persiguen la máxima continuidad en sus redes. Para ellos, optimizar significa eliminar o minimizar los nodos intermedios de manera que la "temperatura" del sistema se mantenga baja. La situación ideal para el planificador logístico es aquella en que la red se convierte en un simple enlace entre origen y destino, un tubo perfecto, sin fricciones, ni cambios de anchura ni de nivel. De ahí el esfuerzo por normalizar contenedores, conectores, e infraestructuras de carga y descarga. A menor discontinuidad y manipulación, menor energía disipada y menor calor generado.

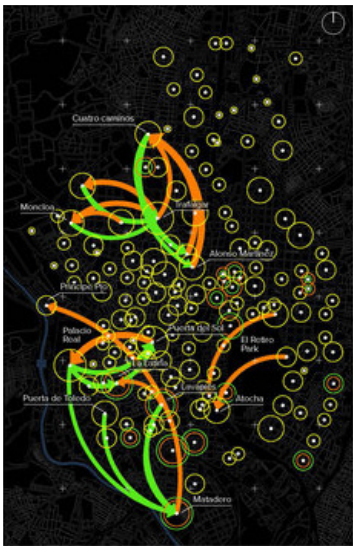
Sin embargo, los intereses sociales no son siempre coincidentes con los de la planificación logística. Reducir la red de transporte a un tubo que nos lleva sin fricciones desde el centro de trabajo a nuestro domicilio puede ser eficiente y práctico, pero también sabemos que sin el calor resultante de la disipación de energía no hay vida, y sin vida no hay ciudad. El efecto positivo de la fricción produce algunas de las "valiosas ineficiencias y molestias (*impracticalities*, en el original en inglés) de las ciudades" (Jacobs, 1970). Desde esa óptica se justifica el interés de peatonalizar y "pacificar" la red viaria; al hacerlo disminuimos la eficiencia de las calles como enlaces de la red -sin apenas rozamiento-, dotándolas de cierto carácter nodal, y con ello más proclives al encuentro y a la interacción.

[3.1] URBANISMO Y FLUJOS DE ACTIVIDAD

Por consistencia con la concepción de la ciudad como red de redes, para el proyecto de diseño resulta útil incluir una representación de las actividades urbanas en forma de grafo. La [figura 3.2] muestra el servicio de bicicletas públicas Bicimad a través de una representación en red. En ella, los nodos son las estaciones de anclaje y son bien conocidos: su posición puede consultarse en la web del servicio y su huella física es visible en el espacio público. De esta manera, la representación en red de Bicimad permite hacerse una idea rápida de la distribución espacial de su actividad. Ahora bien, sucede a menudo que no todos los nodos de una red son evidentes, lo cual no es óbice para poder representarla en parecidos términos y hacer así aflorar esos nodos ocultos en torno a los cuales generar proyectos.

[figura 3.2]

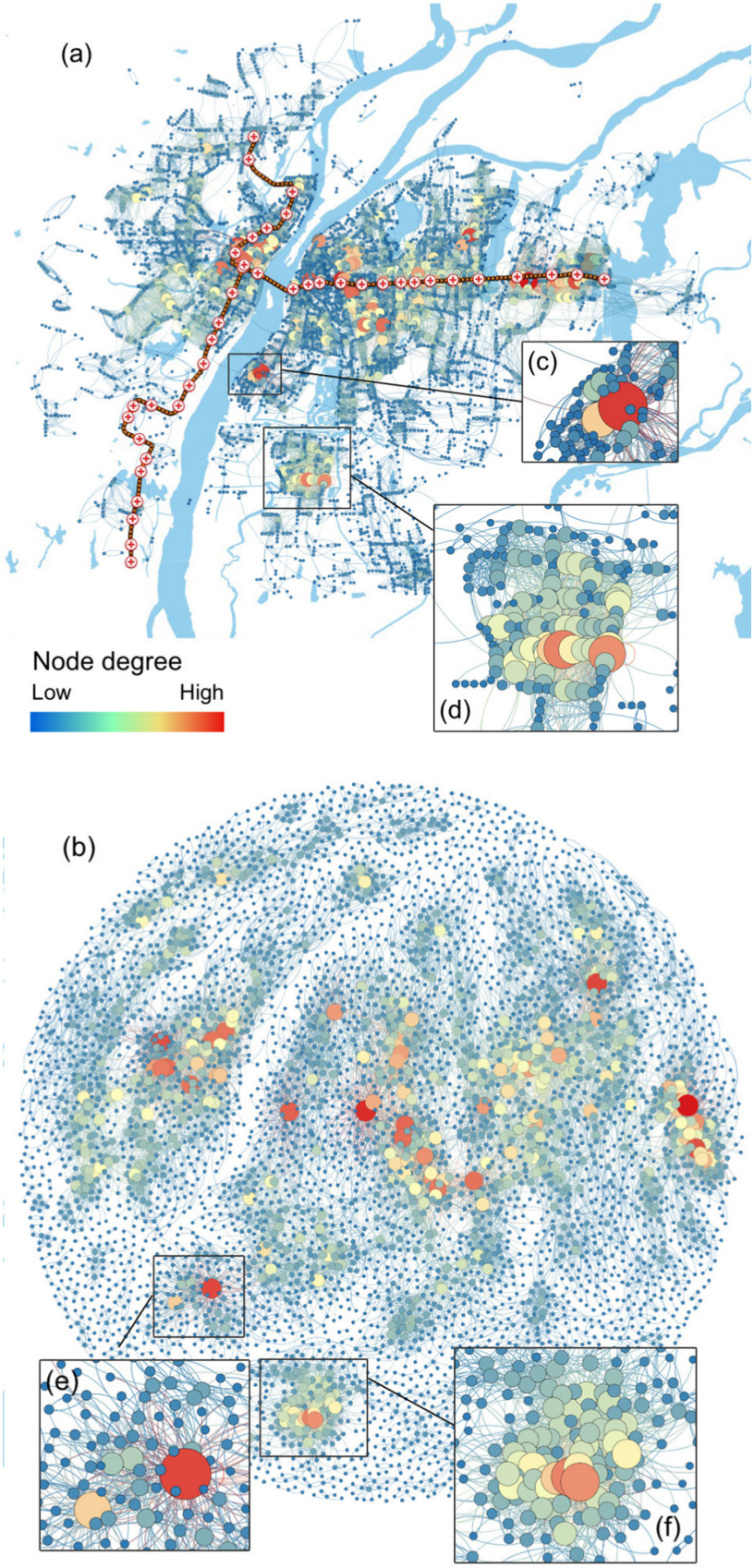
Ejemplo de un estudio para comprender las dinámicas geo-espaciales del servicio Bicimad a partir de datos GPS y mediante una representación del mismo en red. Los mapas muestran dos visiones complementarias, la importancia de los nodos (arriba) -estaciones de anclaje- y de los flujos (abajo). (Talavera-García, Romanillos y Arias, 2021)



[figura 3.3]

Representación de la actividad del servicio de bicicletas compartidas en la ciudad de Nanchang, China. Al tratarse de un servicio sin estaciones de anclaje, los nodos no son conocidos *a priori*, sino que corresponden a aquellos lugares donde libremente los usuarios deciden dejar/ tomar las bicicletas. La distribución espacial de dichos nodos (arriba) sugiere una estrecha relación con las líneas de metro (abajo). Podría decirse que gran parte de la "energía" que configura dicha distribución espacial es suministrada por el flujo de personas que transporta el metro.

Consultable en https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971519301516. Visitado el 30 de Mayo de 2021



Como se muestra en la [figura 3.3], a diferencia del servicio Bicimad, los servicios de bicicletas compartidos como el de Nanchang carecen de estaciones de anclaje. En este tipo de servicios, a nivel proyectual todavía se estaría a tiempo de emplear la representación del patrón espacial de dichos nodos de concentración para proyectar posibles infraestructuras o servicios asociados, como aparcabicis exteriores, jaulas, puntos de reparación, etc. Una lógica proyectual generalizable al diseño de infraestructuras ciclistas y a otras infraestructuras de transporte más complejas.

Aunque el ejemplo anterior ilustra la utilidad de cartografiar los flujos de actividad para aflorar esos nodos ocultos (*Urban Design Lab Educations*, 2023), se considera necesario sustentar la propuesta de incorporar la afloración de nodos de actividad al proyecto de diseño urbano -como el resto de propuestas metodológicas de la tesis- en un marco teórico. En este caso, se trata de reforzar la hipótesis de que es en los nodos de las redes urbanas donde existen más posibilidades para la generación de proyectos, identificando las fuerzas que operan en dichos lugares y, con ello, el origen de esa energía que impulsa la generación orgánica de arquitectura en las discontinuidades. Este razonamiento obedece a una reflexión básica: allá donde hay vida es porque existe una fuente de energía, de manera que, al menos en teoría, debería ser posible identificar la proveniencia de esa energía que opera en los nodos y que impulsa esa aplicación de recursos que comporta la construcción.

Los estudios que pretenden entender el urbanismo como producto de los flujos energéticos y materiales de la ciudad no son nuevos. La ecología urbana ha estudiado la relación entre el espacio construido y los intercambios energéticos con el entorno (McHarg, 1995), la sociología ha estudiado la relación entre los distintos flujos materiales e inmateriales en la conformación de estructuras urbanas globales (Castells, 1996) y la geografía ha analizado qué patrones formales presentan los lugares como producto de las interacciones entre flujos, y cómo, recíprocamente, el diseño de los lugares influye en los flujos sociales y económicos de la ciudad (Hillier y Hanson, 1989). Complementariamente, nos preguntamos si es posible también entender el urbanismo desde la óptica del espacio de flujos termodinámicos.

[3.1.1] El enfoque termodinámico

La razón de la aproximación termodinámica a la evolución de la ciudad -propio de una ciencia experimental como la física- tiene que ver con la idea de que el urbanismo, como actividad que ocurre en nuestro Universo, no puede sustraerse a las reglas que lo gobiernan. Una de las fundamentales es Segunda Ley de la Termodinámica,[4] responsable de definir la "flecha" del tiempo y que establece que todo lo contenido en el Universo evoluciona irremisiblemente hacia un estado de máxima entropía, o desorden.[5]

En efecto, la formación de las ciudades, como la formación de los continentes, de los planetas, o de las galaxias, debería poder describirse en función de las fuerzas que la impulsan. Y dichas fuerzas deben poder ser medidas. Así, la idea de un diseño

[4] La utilidad de la segunda Ley de la Termodinámica para la descripción de la evolución de sistemas urbanos ha sido sólidamente argumentada (Rees y Wackernagel, 1996), (Bristow y Kennedy, 2015).

[5] De ella, el gran cosmólogo Sir Arthur Eddington llegó a afirmar: "No se preocupe si su teoría no está de acuerdo con las observaciones, porque probablemente estén equivocadas, pero si su teoría no está de acuerdo con la Segunda Ley de la Termodinámica, está en serios problemas."

urbano que utilice los datos como materia prima -una más- resulta coherente con la identificación y caracterización de las fuerzas que operan en la estructuración de ese gran conjunto ordenado de átomos que llamamos ciudad. Se asume así una aproximación científicamente reduccionista -el reduccionismo postula que el todo es la suma de las partes-. Ya se trate de organismos, ecosistemas naturales, o estados, el hecho de que nuestra experiencia diaria muestre un comportamiento opuesto -que el "todo" sea más que la suma de sus partes- no desmerece este enfoque, pues el análisis micro ha demostrado ser útil para ayudar a comprender comportamientos a gran escala en muchas disciplinas científicas.[6]

Sugerimos que las aún incipientes ciencias urbanas[7] pueden encontrar en este enfoque reduccionista un apoyo para, entre otros objetivos urgentes, dotar de un marco teórico al fenómeno de las *smart cities*. Un fenómeno que, sólo mediante la analítica de datos, no progresará de modo verdaderamente inteligente (Shutters, 2018), puesto que "los datos por sí mismos no garantizan que las ciudades tomen mejores decisiones", sino que es preciso desarrollar en paralelo "avances teóricos (en las llamadas ciencias urbanas) que den sentido a los nuevos flujos de datos" que la cada vez mayor cantidad de sensores sacan a la luz, así como a los modelos que sobre ellos se construyan.

Dichos modelos no pueden surgir exclusivamente del análisis formal o funcional de lo construido, al menos si se tiene en cuenta que "los avances en otras áreas científicas, especialmente en biología, han provenido de un foco sobre los procesos antes que sobre la forma", y que la ciencia de las ciudades que en nuestros días se está desarrollando debe ocuparse de explicar, ante todo, "los procesos que generan y sostienen las funciones urbanas" (Lobo et al., 2020). Y puesto que "el espacio construido es de alguna manera producto de los flujos que confluyen en él" (Batty, 2013), cabe entonces estudiar la relación entre estos flujos y la arquitectura que producen.

Respecto a algunas de estas relaciones, conviene señalar que la morfología de los grandes centros financieros pone de manifiesto una evidente correlación entre la confluencia de flujos de capital y la altura media de los edificios (Barr, Mizrach y Mundra, 2014). En el ámbito de los flujos de bienes, parece igualmente clara la relación entre su intensidad y el tamaño de las construcciones logísticas o portuarias. Un patrón que también se cumple en el mundo digital: los más importantes nodos de intercambio de datos ocupan enormes superficies y su distribución geográfica va en paralelo a los flujos entrantes de capital [figura 3.4]. En todos estos procesos opera una obvia realimentación: el aumento del tamaño de las construcciones permite nuevos crecimientos en los flujos a intercambiar.

Lo anterior sugiere tratar de entender la ciudad como un ejemplo más de un fenómeno, el de la re-organización de la materia como respuesta a los flujos energéticos, que dada su extensión a múltiples estructuras organizativas parece ser consustancial con la naturaleza de nuestro universo.[8] Prigogine acuñó el término de "estructura disipativa" para describir esas estructuras coherentes y autoorganizadas en sistemas

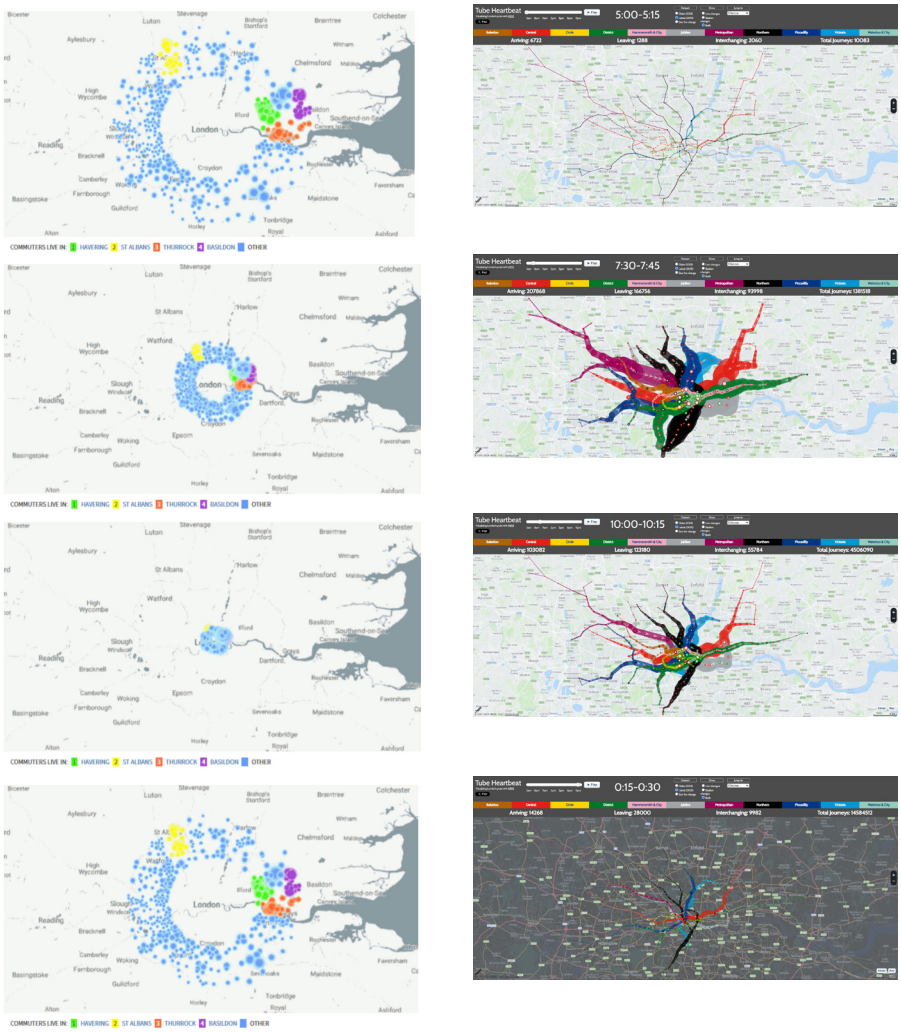
[6] Por ejemplo, el conocimiento sobre las moléculas lleva a una mejor comprensión de las enzimas, y de ello se deriva un conocimiento más profundo de las células. Siguiendo la cadena, la biología celular resulta clave para el desarrollo de la neurología que, a su vez y junto a otras disciplinas, nutre a la psiquiatría.

[7] Por "ciencias urbanas" se entiende el conjunto de teorías referidas a los sistemas urbanos que proveen "analogías con los flujos de energía y de información, sin estar restringidas al dominio de lo físico" (Batty, 2019: 998). Las ciencias urbanas se preguntan por la "estructura y funcionamiento de las ciudades" más allá de las leyes y tecnologías meramente constructivas, ya que "no se trata de la ciencia de la construcción o del transporte" sino de la ciencia de los "flujos humanos, de bienes, de información y de ideas, y de hasta qué punto todo ello puede generalizarse a cualquier ciudad de cualquier tamaño". (Batty, 2019: 997-998)

[8] La reorganización de la materia en estructuras en función del aporte energético no es algo exclusivo de las construcciones humanas. Ocurre en prácticamente cualquier ecosistema natural y es también una de las propiedades de la vida.

[figura 3.4]

Localización de los centros de datos en el mundo. La nueva geografía de la "nube" sigue un patrón paralelo al desarrollo económico y urbano. Fuente: https://www.cloudinfrastructuremap.com/



[figura 3.5]

Visualización dual del intercambio de personas entre Londres y su extrarradio. En la columna de la izda., se representa la demanda de movilidad en 4 momentos del día: (de arriba a abajo) madrugada, media mañana, mediodía, y noche). (http://bigbytes.mobyus.com/commuteuk.aspx). En la columna de la dcha. Se representa el tráfico en la red de metro en los mismos momentos (https://tubeheartbeat.com/london/), con el grueso de cada segmento variando en función del volumen del flujo en él. Mientras que la columna de la izquierda muestra la demanda total al sistema conjunto de transporte metropolitano de Londres, la de la derecha muestra la ocupación minuto a minuto solo del sistema de metro -el título de la visualización "el latido del Metro de Londres", resulta auto-explicativa-.

alejados del equilibrio termodinámico -es decir, que intercambian energía con su entorno-, como ocurre en organismos, ecosistemas naturales y sistemas de carácter social. Las ciudades también son sistemas abiertos (desde muchos puntos de vista, también desde el termodinámico), constituyen estructuras perfectamente distinguibles -por tanto, coherentes-, se encuentran alejadas del equilibrio termodinámico e intercambian materia y energía con el entorno. Por ello encajan en la definición de estructuras disipativas (Tiezzi et al, 2008) (Gallopin, 2020).

[3.1.2] Adaptación disipativa

En las estructuras disipativas, el camino irreversible hacia el desorden que marca la segunda Ley de la Termodinámica se puede detener, e incluso invertir. Y eso ocurre debido precisamente al aporte energético, que en determinadas condiciones es capaz de contribuir al ordenamiento del sistema. Este tipo de estructuras no se forman de manera espontánea, sino que dependen de cómo la materia del sistema y la energía que incide interaccionan entre sí. El aporte cíclico de energía puede, en determinadas situaciones, crear este tipo de configuraciones estables que concluyen en un equilibrio estacionario -un estado estable y ordenado-. A este proceso Prigogine le llama "adaptación disipativa".

Cuando hablamos de adaptación, naturalmente pensamos en organismos vivos. Sin ir más lejos, las plantas representan un estado de alta organización material que es resultado del aporte energético cíclico del sol y de la energía circundante almacenada en el suelo en forma de nutrientes. Pero no sólo la materia viva se adapta a la energía del entorno. Las dunas, por ejemplo, son el resultado de la adaptación de la materia inerte al aporte cíclico de energía por parte del viento. En ellas descubrimos un tipo de configuración organizada de la materia. A nivel todavía más macroscópico, se puede pensar en cómo las civilizaciones de la cuenca del Nilo se organizaron a nivel social y territorial para adaptarse al ciclo de crecidas del río, dando lugar a una intrincada red de estructuras de riego y de cultivos.

Consecuentemente, cabe deducir que los flujos cíclicos como el del tráfico que se muestra en la [figura 3.5] acabarán por causar cierto impacto en la forma urbana. Aunque en la figura solo se muestra el ciclo diario madrugada - mañana- mediodía - noche, en realidad se trata de un intercambio de carácter cíclico con tres componentes frecuenciales principales:

- alta frecuencia (diario, en ciclos de 24h, como el que se muestra en la figura),
- frecuencia media (semanal)
- frecuencia baja (anual o estacional)

La información de estas tres frecuencias es importante para el diseño del sistema, que ha de optimizarse a nivel de líneas, convoyes, personal, energía, etc, para responder a esta demanda cíclica en sus tres componentes frecuenciales, tratando de evitar tanto la saturación como una prolongada infrautilización. A largo plazo, la influencia

de los flujos sobre la forma de cualquier red de este tipo acaba manifestándose en la apertura de nuevas líneas o ramales, variaciones de capacidad en las existentes, o cierre de líneas o servicios con baja demanda. Se entiende así, en el caso de la red de metro, el proceso de adaptación de la forma a los flujos. Como en la naturaleza, no todas las formas son válidas, ni siquiera posibles.

Ahora bien, sobre la toma de datos de las dos representaciones de la [figura 3.5] merece la pena realizar un breve apunte. La visualización de la izquierda se refiere a la demanda total para el sistema conjunto de transporte y está realizada a través de datos estáticos provistos por la oficina nacional de estadística del Reino Unido. No está, por tanto, ligada a un proyecto. La de la derecha, por el contrario, sí lo está, ya que se refiere al uso de la red de metro. Es esta última de carácter dinámico, y la rica información que provee -entradas a la red, salidas e intercambios con un sello de tiempo preciso- es posible gracias al diseño del sistema de validación, que exige que el usuario valide a la entrada, en los intercambios y a la salida del metro. El diseño del sistema de recogida de datos ha formado parte también del propio proyecto, lo cual resulta de ayuda para comprender el comportamiento posterior del sistema.

[3.1.3] Diseño urbano y equilibrio estacionario

Se ha mostrado que, bajo ciertas condiciones, la materia se puede adaptar a los flujos de energía del entorno en estructuras cambiantes pero estables. Para ello, el aporte de energía debe ser cíclico y de una intensidad adecuada. Si el sol no se pusiera cada noche para volver a salir al día siguiente, las plantas no tardarían en morir de estrés. De la misma manera, un flujo cíclico y moderado de personas migrantes puede ser aprovechado por una sociedad para reconstituirse y prosperar, mientras que una avalancha migratoria provocará grandes tensiones y fracturas. Y, al contrario, si la energía que pasa a través de un sistema no es suficiente, éste decaerá en un estado inerte (Zohar, 1990).

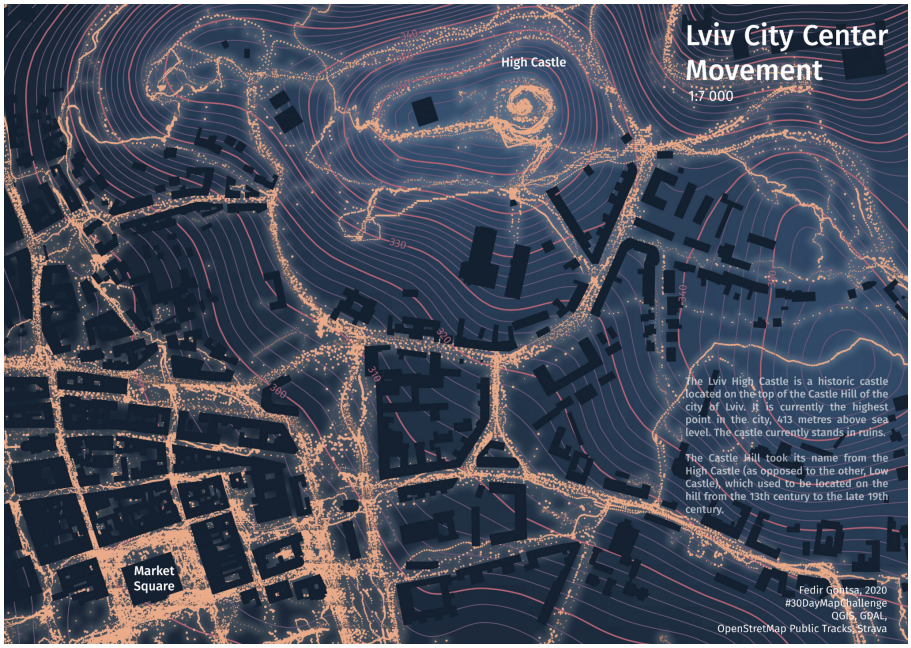
Alcanzar el estado de equilibrio estacionario no es algo excepcional; nuestro planeta está plagado de sistemas abiertos en los que el rango de frecuencia e intensidad energéticos son justamente los adecuados. Cuando ello sucede, se activa en la materia el fenómeno de la adaptación disipativa, que la empuja a uno de los posibles estados de equilibrio. Un efecto que conduce en cada sistema a un conjunto limitado de formas posibles y cuya morfología depende de las características combinadas del flujo energético y de la materia que lo recibe.

Si, como se ha visto, la estructura de los ecosistemas naturales, de los organismos, y de las organizaciones sociales, se forma y crece gracias a los flujos -moderados y cíclicos- energéticos que sobre ellas inciden, y parecidos principios se pueden ver en estructuras urbanas como la red de metro, parece lógico que este principio pueda extenderse al conjunto de los ecosistemas urbanos y que, en éstos, el urbanismo y la termodinámica estén relacionados a través del principio general de la adaptación disipativa.

[figura 3.6]

(Arriba) Estructura fractal de Berlin, vista desde el espacio, donde todavía se aprecia la división política entre el Este (luces nocturnas azules) y Oeste (amarillas). https://www.theguardian.com/books/gallery/2015/nov/16/cities-from-the-air-by-night-in-pictures.

(Abajo) Visualización de flujos de personas en Lviv, Ucrania, a partir de datos de la aplicación Strava. Los flujos fluyen capilarmente a través de dos núcleos diferenciados: las ruinas del castillo (parte superior), y la Plaza del Mercado (parte inferior izquierda). https://fedir.gontsa.com/portfolio/my-30daymapchallenge-2020



Así, las formas o estructuras vernaculares, como los fractales, que se observan en las ciudades a lo largo de distintas civilizaciones, podrían interpretarse como el resultado "natural" del proceso de adaptación disipativa aplicado a la dupla formada por la materia de un determinado territorio y por el flujo energético que a él llega. Los procesos de organización del tejido urbano acaban desembocando con frecuencia en este tipo fractal de estructuras, que no solo optimizan la distribución de materia y energía a través de un determinado entorno, sino que poseen la interesante propiedad de mantener sus características esenciales a lo largo de distintas escalas.

A nivel de proyecto, es obligado apuntar que Alexander propuso que la estructura fractal natural de las ciudades no corresponde a un grafo en árbol, sino a un grafo en semi-celosía.[9] Esta estructura fractal posee la cualidad de la interdependencia entre nodos, derivando en una mayor resiliencia y capacidad de reconfiguración. Esto implica que los proyectos de diseño urbano, no solo deben buscar esta estructura de semi-celosía a nivel morfológico, sino también a nivel de funcionamiento y gobernanza. Según este principio, los proyectos deberían funcionar en red, y ser ideados y gestionados igualmente en red.

Como ya se ha sugerido, es posible generalizar el proceso de adaptación disipativa a flujos energéticos más allá de los tradicionales aportes de luz, calor o nutrientes. Personas, capital, o información, son igualmente flujos de energía necesarios para mantener un sistema urbano en unas condiciones de equilibrio estacionario -y baja entropía- que cumplan dos condiciones básicas que todo sistema urbano precisa para seguir funcionando: "(i) deben proporcionar de forma eficiente los bienes materiales y culturales que permitan mejorar la vida de los habitantes de la ciudad; y (ii), el sistema debe ser lo bastante resistente y flexible para adaptarse a los cambios o choques internos y externos" (Cabral et al., 2013).

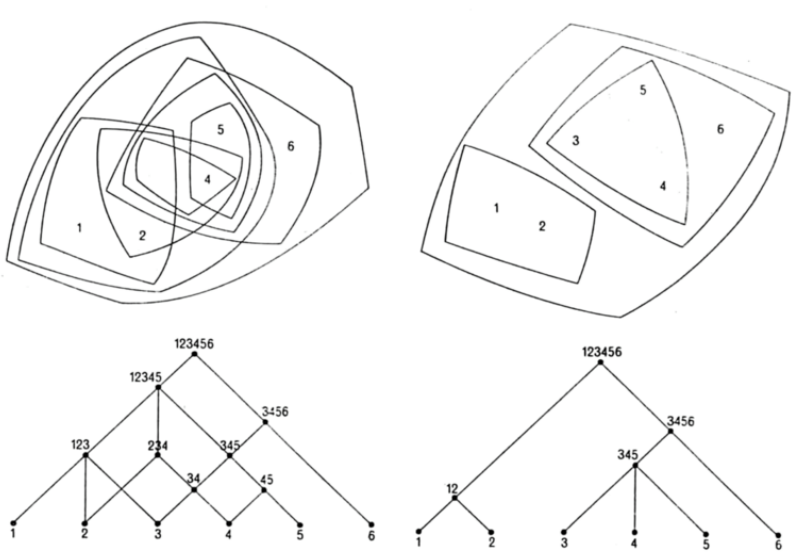
La primera condición requiere de cierto orden y organización espacial. De manera que si el proyecto de diseño se refiere al transporte, los servicios públicos, o la edificación, se buscará de partida una baja entropía (alto grado de ordenamiento). Sin embargo, como señalan los mismos autores, la necesaria resiliencia del ecosistema urbano aconseja "cierta redundancia y diversidad (entropía) en la geografía urbana". A medio plazo, con un aporte energético por debajo de cierto umbral mínimo, el sistema urbano decaerá, y con flujos de magnitud superior, puede acabar arrasado o perdiendo importantes propiedades. En ambos sucesos, decaimiento lento o caos violento, el sistema acaba en un estado de desorden -en contraposición al orden del equilibrio estacionario-.

El umbral mínimo de entropía puede interpretarse como el reconocimiento de la necesidad de un cierto desorden en la ciudad, en la medida que el desorden abona lo inesperado. Se trata esta de una cualidad deseable para los proyectos de diseño del espacio público -entendido como infraestructura social-. Esta interpretación de la relación entre entropía y urbanismo se ha usado como definición de la ciudad entrópica, la que tiende a la uniformidad, donde nada sucede y no hay sitio para la sorpresa,

[9] Ambas caracterizaciones de la estructura en grafo de la ciudad, la criticada ciudad-árbol y la propuesta ciudad-semicelosía, han sido posteriormente matizadas, arguyéndose en ambos casos falta de formalidad matemática (Harary y Rockey, 1976). Ello, no obstante, no invalida el postulado fundamental de Alexander (Batty, 2017, 40).

[figura 3.7]

Diagramas usados por Alexander para explicar su concepto de ecosistema urbano en semi-celosía (izda.) frente al grafo en árbol (dcha.). El concepto puede ser aplicable igualmente a nivel de ciudad, barrio, organización o proyecto.



como la vida en suburbia (Di Monte y Grávalos, 2023). De la ciudad extremadamente ordenada de los suburbios, donde todos los días son felizmente iguales, a la distopía, sólo hay un paso.[10]

Dejando a un lado las metáforas, conviene subrayar que la auto-sostenibilidad de un proyecto depende de que permanezca en equilibrio estacionario, y ello implica que para cada sistema urbano debería existir "un rango de valores en el que la entropía podría tolerarse sin comprometer su eficiencia y/o su resiliencia". Por debajo domina la uniformidad, comprometiendo su resiliencia; y por encima "el sistema urbano será incapaz de asignar eficientemente los recursos para funcionar" (Cabral et al., 2013).

Sin embargo, y desafortunadamente, no se dispone aún de un sistema para calcular el rango concreto de valores de entropía -en el sentido energético- adecuado para cada proyecto, pero sí que es posible recurrir a un concepto derivado, el de "entropía espacial", para evaluar en algunos contextos si los proyectos están funcionando en la dirección marcada.

[3.1.4] La entropía espacial como indicador en el proyecto de diseño urbano

La entropía de un sistema -su grado de ordenación- tiene una relación directa con la información que aquél contiene. En uno de los extremos, cuando la entropía o desorden está en máximos entonces todos los estados del sistema son igualmente probables.[11]

Hablemos de un sistema físico, como las partículas de un gas en una habitación. En ella la máxima entropía se consigue cuando la temperatura de la habitación se ha igualado con la del exterior y el flujo energético y de calor entre ambos es cero. En ese caso, el gas estará uniformemente distribuido por la habitación, y no habrá corrientes porque no hay fuente de temperatura que caliente el aire y lo haga subir. En estas condiciones, una determinada partícula de gas tiene la misma probabilidad de estar en una esquina que en el centro de la habitación y, por consiguiente, todos los estados -un estado es una posible distribución de partículas- son igualmente probables. Al ser igualmente probables, conocer la posición de todas las partículas del gas no aporta información.

En su análisis de la relación entre urbanismo y entropía, Batty aplica un enfoque probabilístico inicialmente a la distribución de personas en la ciudad (Batty, 1974). Se trata de una entropía de carácter espacial cuya fórmula se puede generalizar para medir el grado de heterogeneidad de la distribución de diversas características del espacio urbano. No sólo la densidad de población, sino también parámetros como la distribución del número de intersecciones entre calles,[12] o de las actividades urbanas, pueden caracterizarse mediante la entropía espacial. Batty arguye que la entropía espacial de una determinada área urbana -o su información- da idea de su complejidad. Cuando una ciudad crece y desarrolla nuevas redes y nuevos centros y puntos de interés político, cultural, económico, o social, se torna cada vez más compleja e

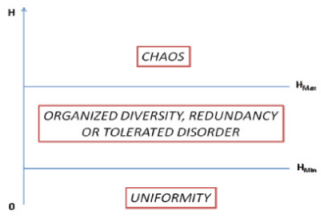
[10] Recuérdese la famosa película "El show de Truman", de Peter Weir. David Byrne trata asimismo el asunto en su canción "Heaven":

"(...) Heaven is a place, where nothing ever happens. The band in Heaven, they play my favourite song. They play it once again, they play it all night long"

Byrne no lo dice, pero se intuye que la canción favorita escuchada en bucle puede convertirse en aborrecible. Por el contrario, son las pequeñas revoluciones cotidianas quienes hacen que los habitantes de la ciudad desafíen su "destino entrópico".

[11] Esto se entiende bien con el ejemplo de un mensaje. Si generamos un mensaje de manera completamente aleatoria, de su lectura no podemos extraer ninguna información. Mientras que si lo escribimos de acuerdo a cierto orden o reglas (por ejemplo, una que diga que si escribimos "lapicero" queremos decir lapicero, y si escribimos "roto" queremos expresar que está roto), de su lectura extraemos abundante información: en este caso, que el lapicero está roto.

[12] La entropía espacial aplicada al trazado de calles es una característica urbana con importantes consecuencias en el cerebro humano (De Winter, 2022)

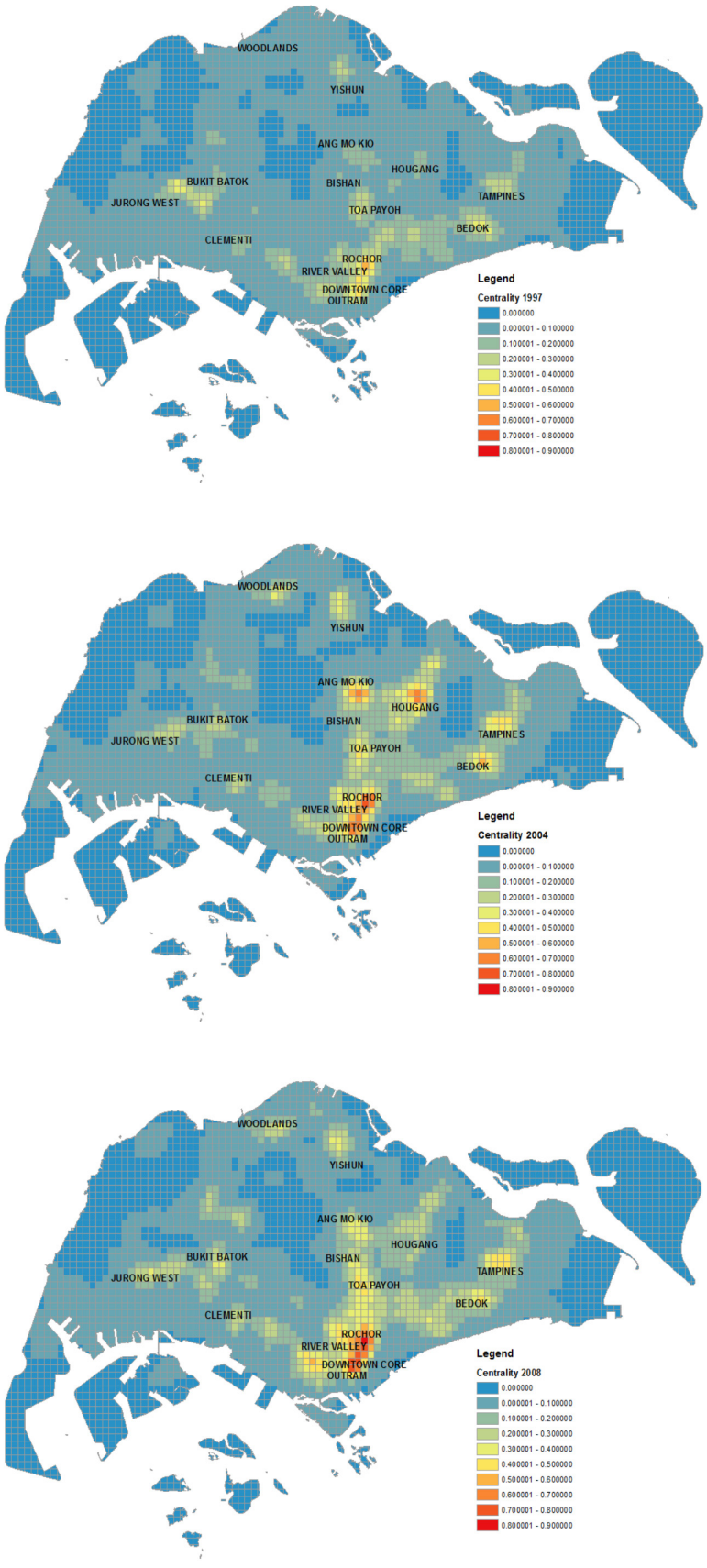


[figura 3.8]

La sostenibilidad de cada sistema urbano implica que su entropía se mantenga dentro de un cierto rango. (Fuente: https://www.mdpi.com/1099-4300/15/12/5223)

[Figura 3.9]

Uso de la entropía espacial para monitorizar el desarrollo de nuevas centralidades de actividad en Singapur. (arriba) Singapur en 1997, con un centro de negocios bien diferenciado en el Sur. En 2004 (centro) se han desarrollado varios centros de actividad, conformando una ciudad más policéntrica. En 2008 (abajo), las diferencias se vuelven a acentuar a favor del centro de negocios. (Fuente: https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/109118)



impredecible, disminuyendo su entropía espacial. Un ejemplo de aplicación de este concepto puede ser la monitorización del policentrismo de una ciudad, no en base a sus características puramente físicas sino a la actividad humana, como se muestra en la [figura 3.9].

Una muestra de la utilidad de la medida de la entropía espacial es su correlación con la distancia media de viaje, que en el caso de Singapur disminuyó entre 1997 y 2004 de 6,7 km a 6.0 km, para aumentar hasta los 7,2 km en 2008. Este aumento en distancia recorrida supuso que el tiempo medio de viaje en vehículo aumentara desde los 20 min y 30 seg en 2004 hasta los 21 min y 20 seg en 2008. En la actualidad, muchos de los proyectos de diseño urbano van dirigidos a conseguir esa ciudad policéntrica -la llamada "ciudad de los 15 minutos" es una versión actual del concepto de policentrismo-. En ese contexto, la entropía espacial puede ser uno de los parámetros a tener en cuenta como parte del panel de indicadores de cada proyecto, por su relación directa con el ahorro en emisiones debido al transporte.

[3.2] LA CIUDAD RED

La estructura en red de la ciudad puede entenderse como la consecuencia morfológica de la adaptación disipativa en los asentamientos humanos; una solución al problema de la distribución de energía y materia a través del medio. Ahora bien, probablemente Manuel Castells no pensaba en términos termodinámicos cuando intuyó que las metrópolis eran una manifestación física de los flujos de la globalización (1996). Y, sin embargo, pensar en la ciudad en términos de materia y energía concuerda razonablemente bien con esa interpretación. Ya sean de información, de capital, de mercancías, o de personas, el caso es que allá donde los flujos son más intensos, es donde la arquitectura se manifiesta de manera más rotunda.

Esta arquitectura, producto del conjunto de procesos englobados bajo el término urbanismo, se da sobre todo en los puntos en los que la energía topa con algo, originando una discontinuidad en el flujo energético. Por eso, en esa red de redes que es la ciudad -siempre conviene recordar que toda red tiene 3 elementos: nodos, enlaces y flujos- los elementos más interesantes arquitectónicamente -y, por extensión, proyectivamente- son los nodos.[13] El otro elemento físico de una red, el enlace, concentra por su parte el interés de la ingeniería. A ésta le interesa que la energía viaje por el enlace sin disipar calor. Es el enfoque logístico del urbanismo, que precisa de elevadas inversiones para su materialización.[14] Por contra, sostenemos que a la arquitectura le interesa el roce, la discontinuidad, para, mediante el "calor" generado, alimentar la construcción de estructuras organizadas.

Como se ha mostrado en la sección anterior, las dos visiones son complementarias y necesarias. Conviene no tener grietas en las tuberías de agua e interesa que el metro llegue puntual y cumpla su función de transportar eficientemente a los pasajeros. Pero, de la misma manera, los comercios a pie de calle florecen en plazas y calles peatonales, tan propensas al roce y a los encuentros. Y las ideas más innovadoras

[13] Para entender este interés en los nodos frente a los enlaces, basta pensar en cómo la energía del sol llega a la Tierra. Mientras la luz viaja por el enlace (en este caso el vacío interplanetario y después la atmósfera) apenas se topa con nada, y por tanto nada de interés ocurre. Es cuando la luz da en las hojas de una planta, o calienta un fluido, o impacta sobre la tierra sembrada, que se produce la vida.

[14] Destinar recursos a establecer un orden fuerte en una ciudad -equivalente a enfriar mucho un sistema- tiene un coste. Esto es equivalente a lo que ocurre en el interior de un frigorífico: a menor temperatura, mayor consumo.

surgen de ecosistemas urbanos en los que abundan los espacios de interacción y fricción entre talento, conocimiento y capital. Ello implica que, a nivel general, se ha de valorar qué componente -logística o social- tiene más peso en los sistemas donde el proyecto incide. Reconociendo que en el caso del espacio público, como en la mayoría de los sistemas urbanos, ambas componentes -social y logística- están presentes, señalemos una vez más la conveniencia de supeditar la segunda a la primera.

[3.2.1] El valor del espacio público

El espacio público constituye una de las muchas redes que conforman la ciudad y -como se muestra más adelante- se puede modelar como tal. Aproximarnos a la lectura del espacio público como red implica recordar la aplicación de la Ley de Metcalfe (2013) que establece que el valor de una red es proporcional al cuadrado de su número de nodos.

El desarrollo de esta idea merece examinar con algo de detenimiento el concepto del valor de una red. Para ello es ilustrativo considerar un tipo particular de empresas representativas del mundo digital como las plataformas, las cuales necesitan a los clientes finales como usuarios -por ejemplo, para que los anunciantes puedan venderles servicios-, exista o no una transacción económica directa entre dichos usuarios y las plataformas.[15] La Ley de Metcalfe (2013) -consustancial a cualquier red analógica o digital- regula tanto el valor que tienen estas plataformas o redes, como el propio valor de la "red de redes" Internet. Nada impide asimismo su aplicación para redes humanas como una estructura familiar, una asociación de comerciantes o una calle.[16] Así, el espacio público comercial puede entenderse desde una doble perspectiva: es cierto que se asemeja a una plataforma mediadora entre los comercios y los clientes finales, pero también que realiza una función conectora entre personas. Por tanto, su valor puede ser inferido a través de la Ley de Metcalfe, al menos en un cierto intervalo de su tamaño.

La aplicación de la Ley de Metcalfe para estimar cómo crece el valor de la ciudad -entendida esta como red social- en función del número de habitantes, ha sido sugerida por Bettencourt (2016, 52) y Batty (2019). Nada impide, en principio, considerar la aplicación de la Ley de Metcalfe en los otros dos posibles niveles de "área estudio" clásicos en el urbanismo: el barrio y la calle (Rossi, 1966/2015). Batty alerta, no obstante, de un límite general superior: el valor no puede crecer indefinidamente en función del número de habitantes, pues el número de conexiones de carácter social está limitado en la práctica por nuestra capacidad como individuos para alimentar las conexiones con otra gente.[17] Para maximizar el valor de la red no cabe, por tanto, incidir tanto en el aumento infinito del número de usuarios como en la calidad de las conexiones, parámetro éste proporcional al valor que cada uno de los habitantes del espacio construido extraen del hecho de estar conectados a la red.

[15] Aunque la mayor parte de los usuarios de Facebook, Twitter, o Google no pagan por los servicios, el valor de estas plataformas depende en gran medida de su número de usuarios.

[16] Imaginemos que a una persona le aporta un valor "v" el estar conectada con otra por teléfono, y que dicho valor es recíproco, es decir, que a ambas personas a cada lado de la línea les aporta el mismo valor. Cuando la red es un simple cable que une los domicilios de ambos amigos, el valor de la red es v+v= 2v. Supongamos que se une a la red un tercer amigo, que extrae un valor v de estar conectado con cada uno de sus dos amigos. Ahora el valor de la red es la suma del valor que recibe cada amigo, es decir 3x(v+v)=6v. Para cuatro amigos 4x(v+v+v)=12v. Para n amigos, el valor que la red aporta al conjunto de amigos se calcula como $V=n*(n-1)*v=n^2*v-n*v$, magnitud que, como se deduce fácilmente, es proporcional a n^2 para grandes valores de n.

[17] El umbral máximo de personas con las que podemos tener una conexión con cierta riqueza social estaría situado entre 300 y 500.

El nivel inferior de "área estudio", la calle, resulta quizás el más interesante desde el punto de vista proyectivo, y lo es también para la tesis. En relación a ella, se propone en la [figura 3.10] su representación en red a través de un modelo muy esquemático que pretende representar una calle comercial genérica. En ella se han representado 4 nodos de tipo "persona", 2 nodos de tipo "comercio" -un café y una tienda de moda- y 2 nodos tipo "paradas de autobús" -una de ellas cerca y otra de ellas lejos de los establecimientos comerciales-. Asimismo, se representan algunas de las relaciones entre estos nodos. Las personas se relacionan con los comercios mediante las compras, con las paradas de autobús mediante los viajes, y entre sí mediante el acompañamiento (la flexibilidad del esquema permite definir nuevas relaciones en cualquier momento, por ejemplo, podríamos definir una relación entre personas del tipo "saluda" o del tipo "habla por teléfono", si estimásemos que dichas relaciones son útiles para entender el funcionamiento de un determinado proyecto de intervención sobre el espacio público físico o digital de la calle). Con este esquema, resulta relativamente sencillo y gráfico monitorizar el aumento o disminución del valor de la calle a medida que se implementen proyectos.

[figura 3.10]

Representación simplificada de la calle como una red, efectuada mediante la herramienta arrows.app. (Elaboración propia).

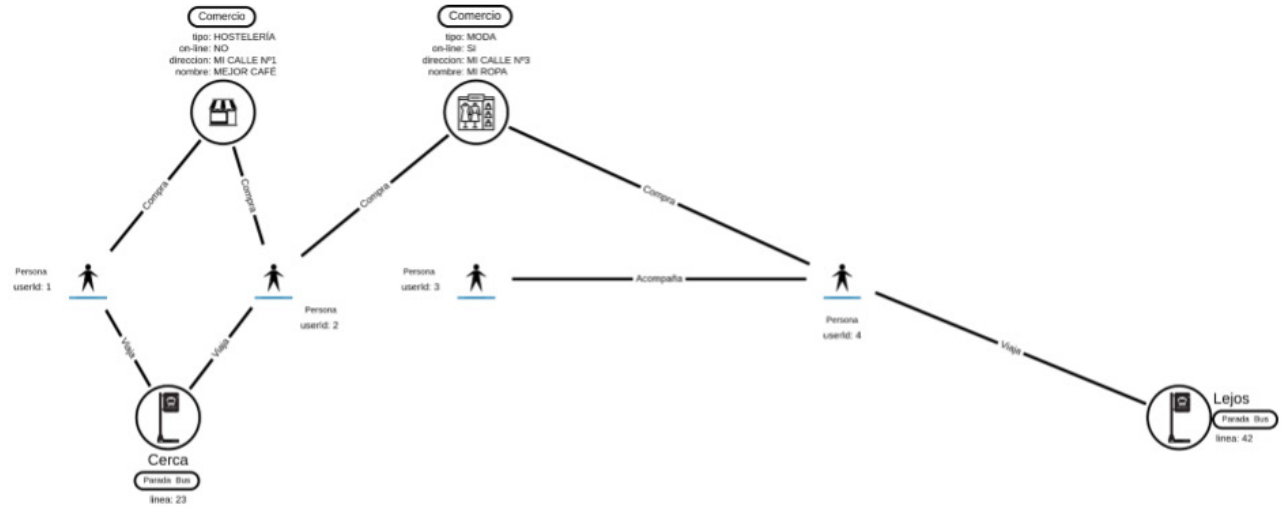
Respecto a la representación de los flujos relativos a comercios, conviene recordar que los comercios son lugares de intercambio de tres tipos de flujos: de información -acerca de la oferta de productos, fluye del comercio al potencial cliente-, monetario -fluye del cliente al comerciante tras decidir comprar el producto-, de bienes -fluye del comerciante al cliente, tras el desembolso del precio- (Bouchain, 2020). De ellos, solo representaremos el flujo monetario por resultar el más interesante para medir el grado de éxito del comercio -además, dicho flujo monetario puede caracterizarse a partir de los datos de tarjetas bancarias-.

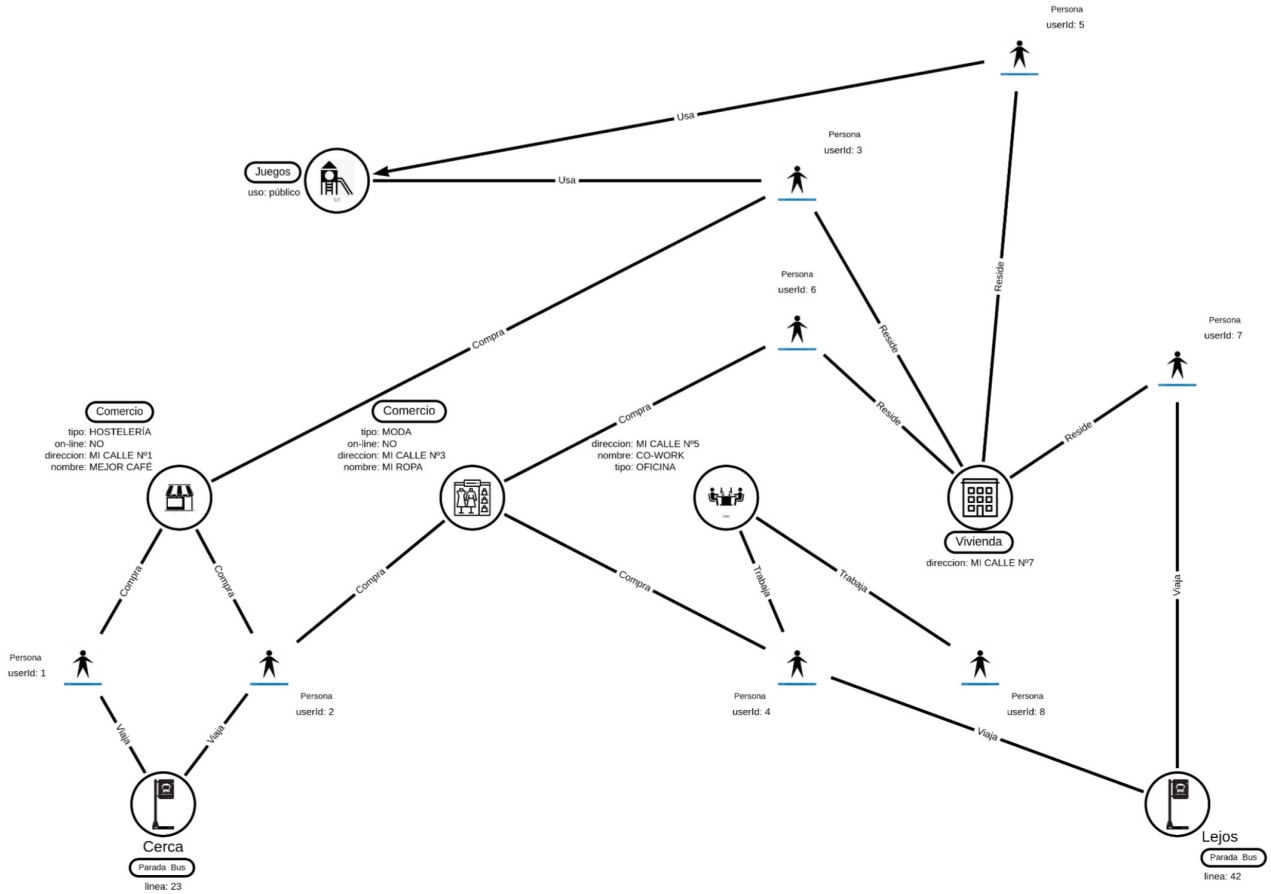
[figura 3.11]

Modelo en grafo de una calle comercial extendido a diversas infraestructuras físicas. (Elaboración propia).

Dado que la tesis centra la discusión en el espacio público comercial, conviene considerar como nodos cada uno de los usuarios del espacio: -personas y comercios-, pero también elementos infraestructurales que modifican, generan o terminan los flujos de actividad, como paradas de autobús, viviendas, oficinas o equipamientos. De esta forma, podemos complicar ligeramente el esquema simplificado y representar los nuevos elementos [figura 3.11].

Han aparecido dos nuevos nodos infraestructurales, la vivienda y el equipamiento público "zona de juegos". Estos dos nuevos nodos permiten establecer nuevas relaciones con las personas. Hay 2 personas que "usan" la zona de juegos y 4 personas que "habitan" la vivienda, sita en el número 7 de la calle. Como se lee en la figura, el modelo de representación elegido permite fácilmente asignar atributos -como la dirección- a cada nodo. Así, las paradas de autobús tienen como atributo el número de línea y su posición relativa respecto a los comercios -se trata de atributos objetivos o arbitrarios- los comercios tienen como atributos, además de la dirección, su sector comercial (hostelería o moda), su nombre, y si permiten o no las compras *on-line*.


Comercio
tipo: HOSTELERÍA
on-line: NO
direccion: MI CALLE Nº1
nombre: MEJOR CAFÉ
Comercio
tipo: MODA
on-line: SI
direccion: MI CALLE Nº3
nombre: MI ROPA
Compra
Compra
Compra
Compra
Persona
userId: 1
Persona
userId: 2
Persona
userId: 3
Acompaña
Persona
userId: 4
Viaja
Viaja
Viaja
Cerca
Parada_Bus
linea: 23
Lejos
Parada_Bus
linea: 42


Persona
userId: 5
Usa
Usa
Juegos
uso: público
Persona
userId: 3
Persona
userId: 6
Persona
userId: 7
Reside
Reside
Reside
Compra
Comercio
tipo: HOSTELERÍA
on-line: NO
direccion: MI CALLE Nº1
nombre: MEJOR CAFÉ
Comercio
tipo: MODA
on-line: NO
direccion: MI CALLE Nº3
nombre: MI ROPA
Compra
direccion: MI CALLE Nº5
nombre: CO-WORK
tipo: OFICINA
Vivienda
direccion: MI CALLE Nº7
Compra
Compra
Compra
Compra
Trabaja
Trabaja
Viaja
Persona
userId: 1
Persona
userId: 2
Persona
userId: 4
Persona
userId: 8
Viaja
Viaja
Viaja
Cerca
Parada_Bus
linea: 23
Lejos
Parada_Bus
linea: 42

Precisamente, este tipo de representación en grafo permite añadir de manera muy sencilla nuevas capas y relaciones. Por ejemplo, la tienda de modas puede decidir abrir una vía de comercio *on-line*, adhiriéndose a un *marketplace* donde publicitar y vender sus prendas. De esta manera, tendríamos un modelo enriquecido de la calle comercial, incluyendo también la influencia económica de la capa digital [figura 3.12].

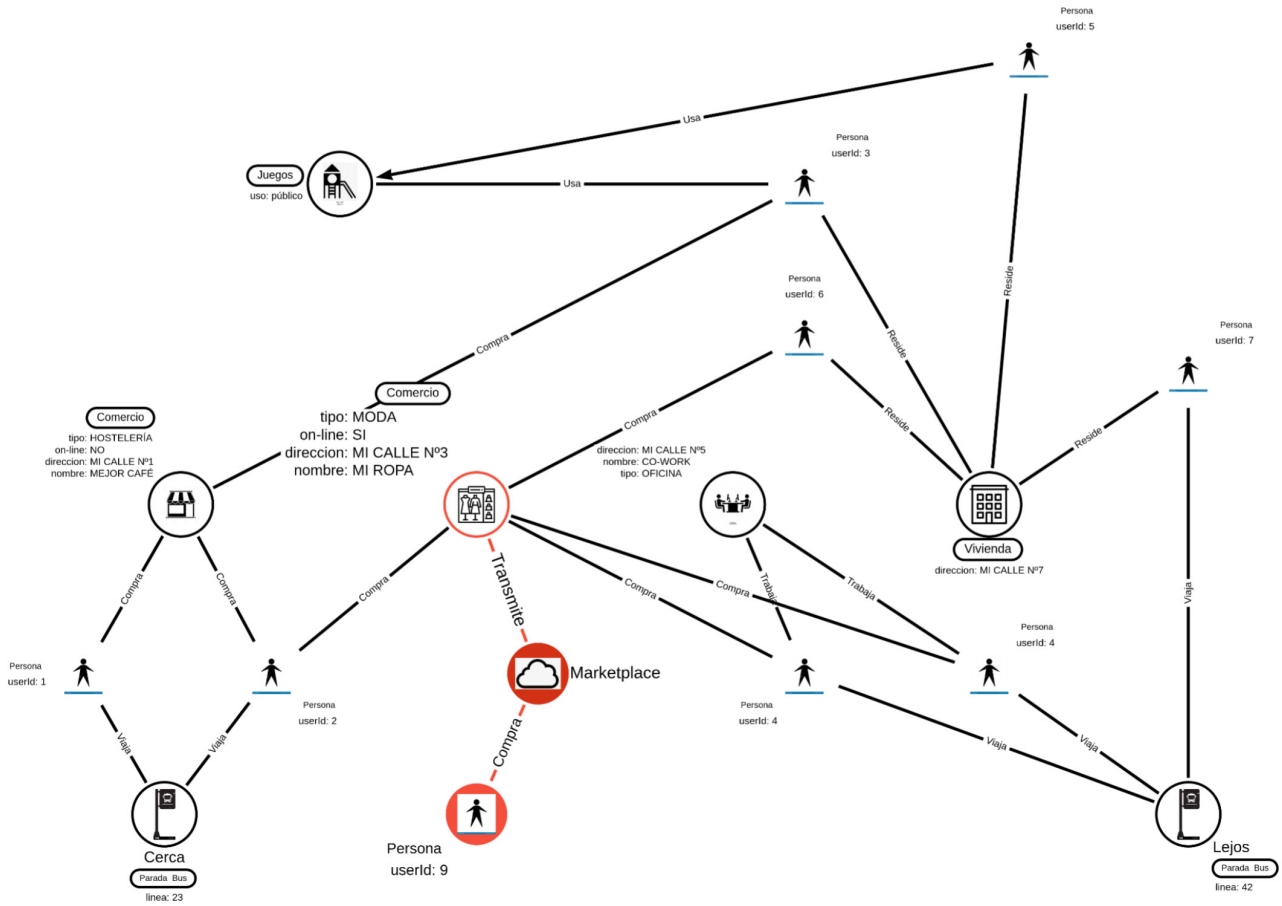
Véase cómo la tienda de modas ha cambiado su atributo "*On-line*" a "SÍ", y cómo se ha añadido dos nodos: el *marketplace* y el usuario nº 9, relacionados entre sí a través de la actividad de compra *on-line*. Asimismo, el *marketplace* transmite la información de la compra a la tienda -hecho que se refleja en el esquema con una nueva relación-, para que ésta a su vez pueda servir el producto.

El esquema que presentan las tres figuras anteriores supone un avance al respecto de la praxis actual, al menos respecto a las siguientes cuestiones:

- Permite una **representación integrada** de la calle, lo cual supone ciertamente un avance respecto a las representaciones parciales existentes. Lo habitual es que los departamentos que se ocupan de las infraestructuras -saneamiento, alumbrado, transporte, mobiliario urbano, etc- tengan sus propios inventarios separados acerca de los elementos presentes en la calle. De la misma manera, los departamentos de urbanismo pueden tener los datos sobre edificios, los que se ocupan del comercio tendrán su base de datos sobre licencias de actividad, etc.
- Posibilita **comprender la influencia entre elementos**. Por ejemplo, en las figuras 3.9 y 3.10 se ve cómo la cafetería está relacionada indirectamente con la zona de juegos, lo que indica que es muy posible que las personas usuarias de ese equipamiento se acerquen en algún momento a consumir una bebida. Asimismo, la oficina influye sobre el comercio local, ya que al menos una persona que trabaja en el espacio de *co-working* aprovecha para comprar en la tienda de moda.
- Ofrece importantes **ganancias en flexibilidad y eficiencia** puesto que, a nivel informático, en el modelo tradicional de representación de la información en bases de datos relacionales la adición de atributos y relaciones es un proceso costoso en tiempo y en recursos, que a menudo exige el replanteamiento total del modelo de datos.

Este último asunto, el de la flexibilidad, resulta de capital importancia, puesto que, como se ha visto al añadir la componente digital al modelo, permite enriquecer el sistema urbano con nuevas relaciones a medida que se identifican. Esta adición de relaciones o de componentes puede ser impulsada por diversos motivos:

- Afloramiento de **nuevos datos.** Por ejemplo, al construir la representación inicial de una calle los datos sobre los servicios comerciales pueden no estar disponibles, y se añaden al cabo del tiempo.
- Generación de **nuevo conocimiento.** Supongamos que inicialmente los aparcabicis no se han considerado como nodos a representar, pero que en un momento dado aparece un estudio en el que se demuestra la relación entre las infraestructuras ciclistas -como carriles bici o aparcabicis- y la micro-economía urbana. En ese caso, se pueden añadir los aparcabicis como nodos, así como sus relaciones con personas y comercios.



[figura 3.12]

Modelo en grafo de una calle comercial incluyendo una infraestructura digital como el "*Marketplace*".

[3.2.2] Nodos ocultos de actividad

Los ejemplos anteriores muestran las ventajas de representar ciertos elementos conocidos de los sistemas urbanos como nodos dentro de un esquema de grafo o red donde las distintas actividades toman la forma de interacciones entre nodos. Se trata de una representación igualmente útil cuando los nodos -esos lugares de intercambio, de procesamiento, de origen o fin de los flujos- no son conocidos a priori, como en el caso anteriormente expuesto del sistema de bicicletas sin anclaje de Nanchang [figura 3.5].

La visualización de nodos ocultos constituye un marco de análisis extensible a otros ámbitos proyectuales, como la revitalización del comercio de proximidad -el sector en el que se enfoca la tesis-. Como ejemplo, se podría plantear analizar si la distribución de centros comerciales en la ciudad -infraestructura comercial construida- está equilibrada en relación a la actividad comercial real de los barrios [figura 3.11].

Como se aprecia en el mapa de Google Maps, la mayoría de los centros comerciales en Zaragoza están situados en la mitad Oeste de la ciudad. Sin embargo, esta distribución no parece obedecer a una razón demográfica, como muestra la distribución relativamente homogénea de la densidad de población en ambas mitades de la ciudad (figura superior derecha). Tampoco parece que tenga que ver con la capacidad de compra de la población,[18] pues los análisis de zonas de actividad comercial (figuras de abajo) a través de la aplicación municipal de descuentos para el pequeño comercio "Volveremos" muestran una relativa homogeneidad en ambas mitades.

El análisis podría sugerir dos derivadas proyectuales bien distintas:

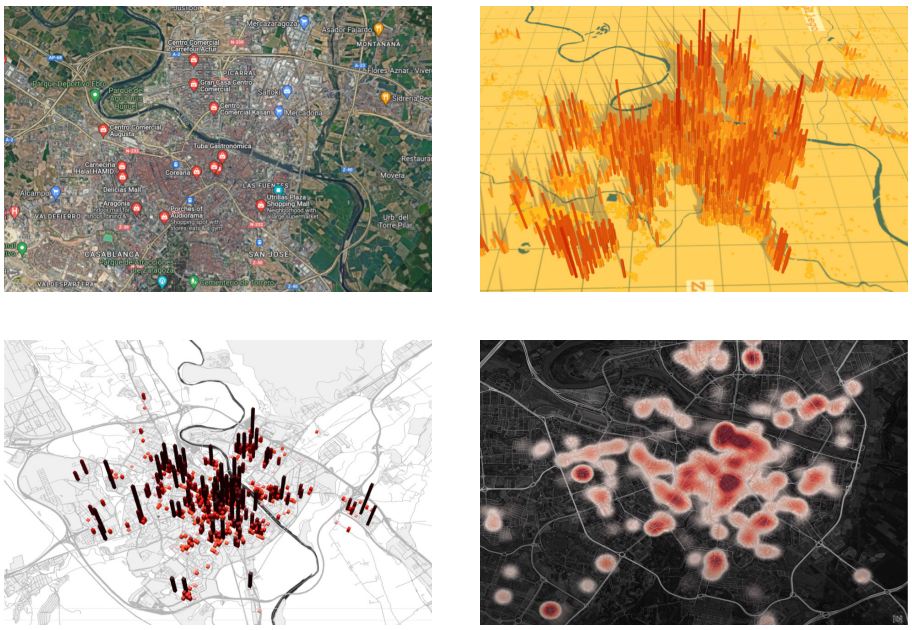
a. se podría concluir que en la mitad Este de la ciudad existe potencial para la construcción de centros comerciales, dando lugar así a nuevas licencias para el desarrollo de este tipo de equipamientos.
b. a menor penetración de centros comerciales en la mitad Este abre una oportunidad para reforzar el pequeño comercio, invirtiendo en "galerías comerciales urbanas" que aprovechen algunas características de los centros comerciales -identidad, marca, creación de ambientes, gestión de datos conjunta, por ejemplo- para favorecer el comercio de proximidad y revitalizar el espacio público.

Precisamente, y en línea con la segunda de las interpretaciones, la idea de replicar algunas de las características de los centros comerciales que les hacen atractivos como lugares de compra y recreo es la que subyace tras el Plan de Equipamientos Comerciales de Zaragoza. En él se contemplan la realización de 12 proyectos de revitalización comercial o "paseos comerciales" cuyo diseño incluye la generación de ambientes, la animación del espacio público comercial, la señalética integrada, la marca, los programas de fidelización, la activación de marketplace *on-line*, o las infraestructuras de movilidad.[19]

[18] Los datos de la aplicación Volveremos constituyen solo un pequeño porcentaje de las compras totales de la ciudad, por lo que un análisis riguroso debería contar con datos más amplios de otras fuentes (p.e. de tarjetas de pago). A efectos de la tesis, no obstante, cumple razonablemente su función ilustrativa.

[19] Dicho plan, o más concretamente, su primer proyecto o prototipo -relativo a la C/ Delicias- será uno de los ejemplos con los que ilustrar la aplicación de algunos de los principios metodológicos de la tesis en los capítulos 6 y 7.

[figura 3.13]



De izquierda a derecha, de arriba a abajo.
a. Distribución de los centros comerciales en Zaragoza capital según Google Maps.

b. Distribución de la densidad de población.

c. Distribución de la actividad comercial durante un año a través de la aplicación local “Volveremos”.

d. Distribución de la actividad comercial durante el black friday de 2021 en la misma aplicación “Volveremos”.

Fuente: etopia.es/datalab.

[3.2.3] Generación de proyectos a partir de nodos ocultos de actividad

Utilizando la analítica de datos, y gracias a que hoy en día el espacio público está en buena medida sensorizado, es posible identificar nodos ocultos en muchas de las diferentes redes que componen la ciudad y aflorar así nuevas oportunidades de generación de proyectos. Para ilustrar una de esas oportunidades, queremos mostrar un ejemplo que hemos denominado "los intercambiadores multimodales ocultos de Zaragoza", una ciudad sin prácticamente intercambiadores de transporte construidos, si exceptuamos la estación intermodal de Delicias.

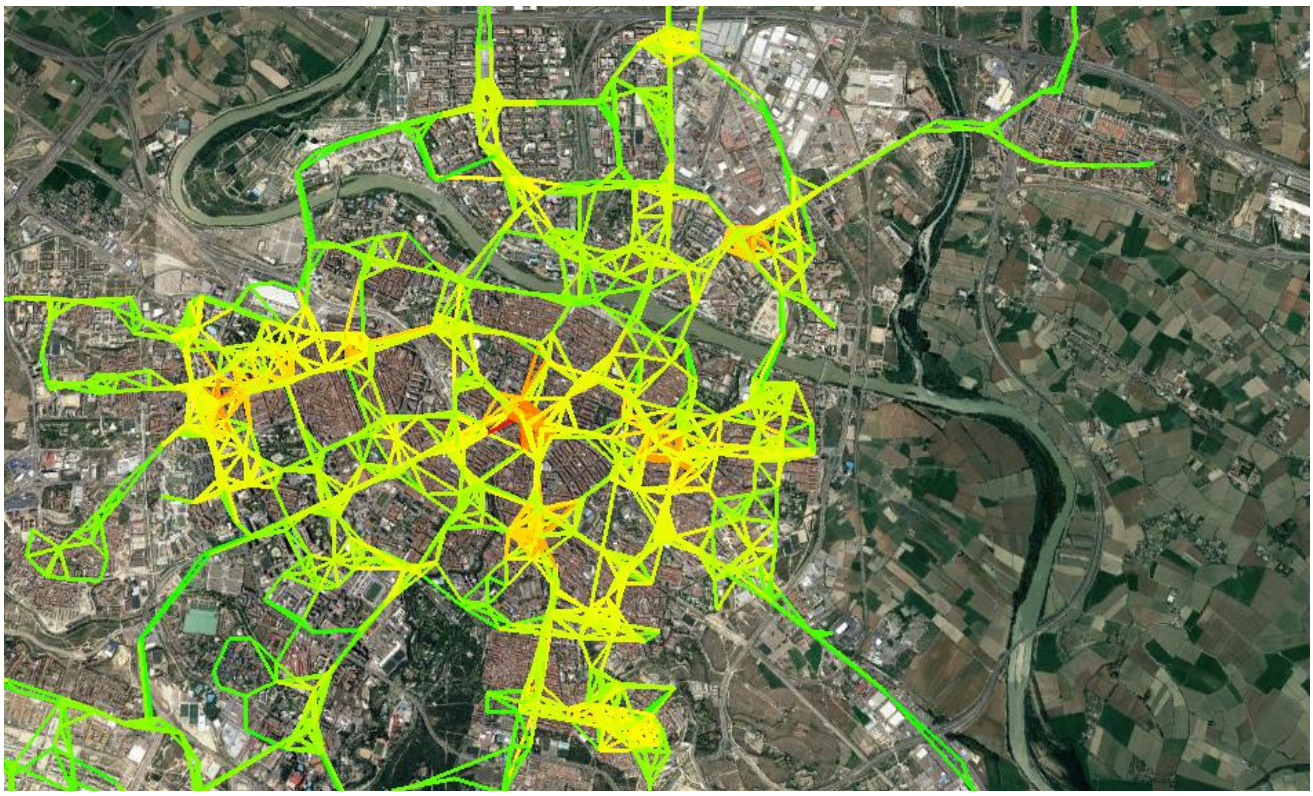
No solo se pueden generar proyectos de revitalización del pequeño comercio a través del análisis de datos de actividad comercial. La estrecha relación entre el comercio de proximidad y la movilidad (Sevtsuk, 2020), que la representación en grafo de las [figuras 3.8, 3.9 y 3.10] también muestra, justifica incorporar la analítica de datos de movilidad en la generación de proyectos para el ámbito comercial.

Para aflorar esos nodos ocultos de intercambio tomamos como base el estudio que Eduardo Aguerri, participante en el 1er Hackathon de Visualización de la Movilidad de Zaragoza, realizó en 2018 acerca de los puntos donde se realizaban de manera natural los intercambios entre medios y líneas de transporte [figura 3.14]. El mapa de Aguerri señala los puntos de intercambio de pasajeros entre distintas líneas de bus, así como entre éstas y el tranvía, a través de un sencillo mapa de calor.

Siguiendo el principio de la "mínima intervención posible", los datos para la identificación de intercambiadores ocultos se han obtenido de fuentes existentes: la tarjeta ciudadana de Zaragoza (un dispositivo sin contacto que permite el acceso a numerosos servicios públicos de la ciudad) y los recorridos de las distintas líneas de transporte publicados en formato de datos abiertos a través del portal municipal https://zaragoza.es. No ha sido necesario instalar nuevos sensores o realizar costosos despliegues tecnológicos. Un ejemplo que demuestra la posibilidad de realizar una planificación y diseño de la movilidad urbana de una manera ágil y eficiente, prescindiendo de la realización de las tradicionales y costosas encuestas de movilidad.

Obtener el mapa de los intercambiadores ocultos no era el objetivo principal de Eduardo Agüerri. Dicho mapa fue, por así decirlo, un subproducto de un estudio mucho más amplio que buscaba caracterizar el servicio global de la red de transporte público de Zaragoza, demostrar que su diseño actual presentaba un serio problema a nivel de tiempos de recorrido, y proponer al Ayuntamiento un rediseño completo. Sin embargo, el estudio, al que este investigador tuvo acceso como co-organizador del hackathon,[20] sugiere las oportunidades latentes alrededor de estos nodos ocultos -por primera vez visibles- de intercambio:

[20] De nuevo, se pone de manifiesto el valor de la participación ciudadana alrededor de los laboratorios urbanos, el trabajo con datos, del enfoque transdisciplinar que estos laboratorios posibilitan en el ámbito de lo urbano, y de su conexión con capacidades e ideas externas al proceso de diseño, pues el ciudadano autor del trabajo es externo a cualquier empresa o administración.



[figura 3.14]

Mapa de calor de los transbordos realizados entre diferentes líneas de autobús urbano y entre éstas y el tranvía. Autor: Eduardo Aguerri, para el 1er Hackathon de Visualización de la Movilidad de Zaragoza.

- Guía para situar nuevos intercambiadores que se deseen proyectar por parte de las administraciones, por ejemplo, en aquellos nodos con más afluencia de intercambios.
- Posibilidad de estimular pequeños proyectos de infraestructuras destinadas a mejorar la experiencia de usuario en el intercambio (p.e. protectores contra el viento, el calor, la lluvia, etc) o a albergar determinados servicios que encajen con la actividad de intercambio (hostelería, prensa y revistas, pequeñas compras, información, etc)

La [figura 3.15.b] muestra, a partir de las zonas más "calientes" del mapa de calor inicial -zonas anaranjadas-, una posible selección de 5 localizaciones para otros tantos intercambiadores. A modo meramente de ejemplo, se muestran dos posibles diseños de dichos intercambiadores [figuras 3.15.c y 3.15.d]:

- En el de la izquierda, se hace hincapié en la relación de las paradas de bus con el espacio público -relación que, como hemos visto, se podría modelar con una representación en grafo-. Este modelo de intercambiador ofrece nuevas posibilidades para los comercios de la zona, que probablemente se beneficiarían de la existencia de la plaza. Las interacciones entre plaza, sistema de autobuses urbanos, y comercios crearían una interesante zona de "rozamiento" y actividad.
- El intercambiador de la derecha ilustra preferentemente potenciales relaciones con otros sistemas de movilidad y servicios -movilidad eléctrica, ciclo-mercancías de última milla, consignas de reparto para el comercio electrónico, patinetes, además de un kiosko comercial-. Nuevamente, sería posible sin mucha dificultad modelar las relaciones entre los distintos sistemas de transporte, especialmente si estuviesen integrados en un título único -como una tarjeta de transporte integrada-, así como de éstos con el comercio y el equipamiento de zona verde.

El concepto de representación mediante un "mapa de calor" se adapta sin dificultad al marco teórico bosquejado en este capítulo. Porque, evidentemente, cada intercambio supone una fricción en la logística de transporte de pasajeros: se interrumpe el flujo de pasajeros que van en el autobús, se desorganiza, se vuelve a organizar, y como consecuencia de todo ello se pierde tiempo y se disipa energía. Desde la óptica energética, el proyecto de diseño urbano así entendido re-encauza la energía disipada por las fricciones en los nodos hacia la creación de nuevas estructuras y servicios.[21]

Desde este punto de vista, identificar nodos ocultos de actividad equivale a determinar los lugares donde esta reorganización de la materia podría realizarse con el mínimo coste, coincidiendo con una cierta "organicidad" (sic) en la formación de estructuras urbanas. Se trata por tanto de una estrategia que favorece el diseño de espacios y servicios más estables y perdurables en el tiempo, así como más baratos y sencillos de mantener.[22]

[21] Para comprender mejor el proceso desde el punto de vista de la energía y de las estructuras, analicemos un intercambiador, el cual podemos considerar como un nodo en una amplia red de transportes. El principal flujo en el intercambiador son las personas que llegan por los enlaces (las vías y, sobre ellas, los convoyes). En la estación las personas se topan con una discontinuidad: han de bajar del tren para continuar el camino por otro medio de transporte (o tomando otro tren). En ese momento, la gente del convoy, que viaja en él muy organizada (en estado de baja entropía), se desordena ligeramente: unos deambulan en busca de la salida, otros se entretienen a charlar en un corrillo, otros se paran en los escaparates, y los más afortunados se abrazan a alguien que les está esperando. La optimización con que todo ocurría en el tren cede su paso a un cierto caos que conlleva un aumento de la entropía. Y es ahí donde pueden surgir las oportunidades. La primera de ellas es que la re-ordenación de los flujos precisa de la creación de estructuras físicas y de servicios. El propio edificio de la estación es un ejemplo de ello, pero dentro de las estructuras necesarias para ordenar los flujos podemos considerar elementos más simples como la señalética, o las apps de navegación que muchos llevamos en el móvil. Ya se ha apuntado anteriormente: el urbanismo no es solo *hardware*, también puede ser *software*; de nuevo, los átomos y bits de Mitchell (1999).

[22] Analizando los datos producidos por nuestra huella digital en la ciudad, hoy en día hay técnicas para localizar esos flujos cíclicos de energía que mejorarán las posibilidades de que los proyectos urbanísticos sean eficientes, perduren, y tarden más en comenzar a decaer.

[figura 3.15]

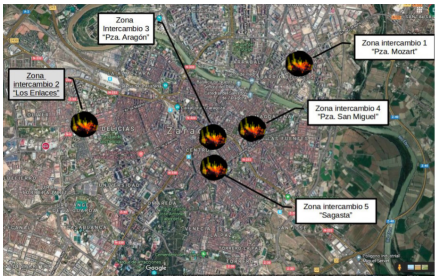
De arriba a abajo y de izda. a dcha.

a) Mapa de calor de transbordos, de Eduardo Aguerri.

b) Posible localización de intercambiadores en Zaragoza propuesta del autor a partir del mapa anterior)

c) Guía de diseño para un sencillo hub de autobuses urbanos por el Departamento de Transporte de Ohio (https://www.transportation.ohio.gov/)

d) Posible diseño de un intercambiador multimodal (Blog Mobility As A Service: https://mobility-as-a-service.blog/mobility-hubs/)



Retomemos el ejemplo de la estación presentada en el apartado anterior. El gran edificio que hoy vemos con su intrincada red de servicios: suministros, comunicaciones, oficinas, almacenes,… no siempre fue así. La complejidad de los objetos y de los seres vivos, ya lo hemos dicho, va en aumento hasta llegar a cierto máximo en su plenitud. Luego decaen, abrupta o muy suavemente, y su complejidad va disminuyendo a medida que su entropía aumenta. Centrémonos, por ahora, en la etapa de crecimiento. Quizá la compleja estación que conocemos fuera en sus inicios un simple apeadero en medio de un descampado. Hoy tiene hasta un centro comercial en su interior. Todo ese proceso continuo de transformación, que ha incluido a lo largo de los años múltiples obras y derribos, ha podido hacerse con la energía suministrada por los flujos que en ella confluían y chocaban. El dinero de los viajeros (o la influencia directa o indirecta de éstos) ha financiado buena parte de las obras, de las tiendas, del sueldo y hasta de los ordenadores de las personas que nos venden el billete. El hecho de que la estación perdure en el tiempo, significa que se trata de una configuración estable de la materia que la compone. Y esa estabilidad le viene dada porque la configuración "estación" o "intercambiador" es una respuesta eficiente de la materia al contexto en el que el flujo energético -en este caso de capital y de personas- impacta en el terreno.

Identificar y caracterizar estas dinámicas orgánicas puede alimentar una toma de decisiones con consecuencias favorables para la sostenibilidad urbana. Para ello, la primera fase de la metodología propuesta sugiere **observar y detectar dónde hay flujos friccionando con el territorio con el suficiente potencial de crear vida a su alrededor, analizando la huella digital de los flujos a pequeña escala** -barrio, o calle-. Las compras con tarjeta, los mensajes de móvil, las validaciones en las billeteras del bus, o los clicks en las noticias de un periódico *on-line*, son algunos ejemplos de la huella que esos flujos -o micro-flujos- dejan en alguna de las bases de datos que conforman la capa digital urbana y que nos pueden ilustrar sobre las dinámicas que sustentan, a lo largo del tiempo y en toda la evolución de la ciudad, la creación y pervivencia de las estructuras primarias urbanas en un lugar -*locus*- determinado.[23]

[3.2.4] *Big data* para caracterizar las micro-dinámicas urbanas

Tras establecer la importancia de la representación de los hechos urbanos en red a partir de la medición de los diferentes flujos energéticos que contribuyen a su formación y sostenimiento, conviene apuntar que los modelos de datos habitualmente utilizados en la gestión urbana están basados en bases de datos relacionales,[24] un tipo de bases de datos optimizadas para describir objetos pero con importantes limitaciones a la hora de describir interacciones. Por ello no son tan adecuados como las bases de datos de grafos para caracterizar el funcionamiento de la ciudad-red.

Un tipo de base de datos de grafos actualmente extendido es Neo4j, que puede utilizarse para cartografiar actividades gracias a su capacidad para almacenar y analizar eficazmente las interconexiones, ayudando así al diseñador a visualizar y comprender las relaciones entre distintos nodos como personas, organizaciones, o

[23] Ambos términos evocan conscientemente el tratado de Aldo Rossi "Arquitectura de la ciudad", en la que el autor italiano sugiere la existencia de elementos primarios "aceleradores" de las dinámicas urbanas, y que uno de los principales problemas a la hora de leer la ciudad consiste en la interpretación del *locus* o lugar donde los hechos urbanos acontecen. (1966/2015).

[24] Las bases de datos relacionales son aquellas en las que "cada fila en una tabla es un registro con una ID única, llamada clave. Las columnas de la tabla contienen los atributos de los datos y cada registro suele tener un valor para cada atributo, lo que simplifica la creación de relaciones entre los puntos de datos". Ver https://www.oracle.com/es/database/what-is-a-relational-database/ (Consultado el 23 de Mayo de 2023).

infraestructuras. Algunos de sus usos incluyen:

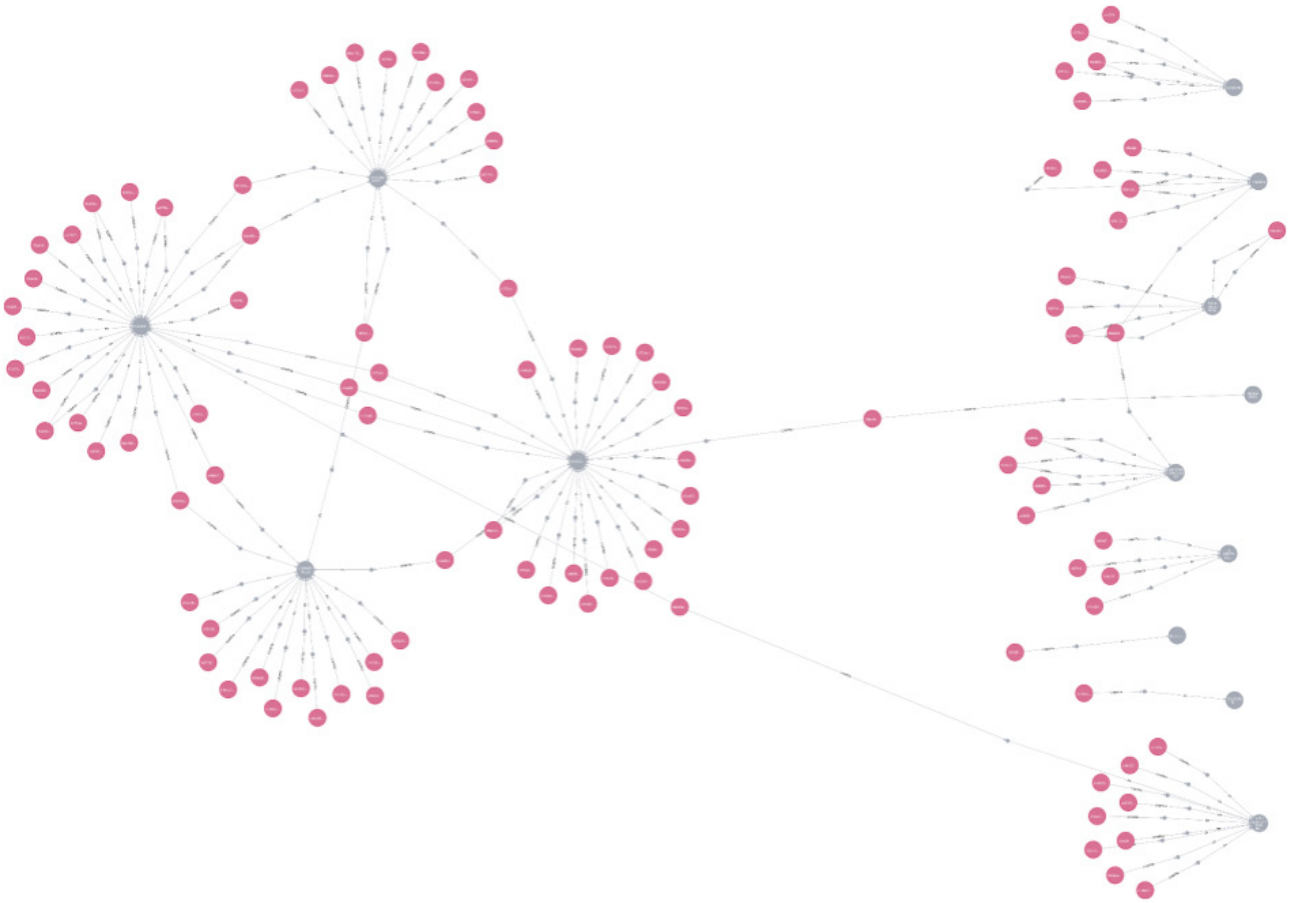
- Análisis de **redes sociales**, para visualizar comunidades de interés y las conexiones entre sus miembros (por ejemplo, amistades, relaciones profesionales), personas influyentes, líderes de opinión y subgrupos dentro de la comunidad.
- Cartografía de recursos: visualización de **servicios y recursos** de una determinada zona, como escuelas, centros de salud, bibliotecas, parques y otros servicios públicos como nodos. Permitiendo establecer y visualizar las relaciones entre los recursos y los miembros de la comunidad que los utilizan o gestionan, o analizar la accesibilidad y disponibilidad de los recursos en las distintas zonas de la comunidad.
- Planificación y coordinación de **eventos** en el espacio público, modelando sus atributos asociados (por ejemplo, fecha, lugar, organizadores, participantes), y conectando los eventos con los miembros de la comunidad, las organizaciones y los recursos pertinentes que participan en la planificación o la asistencia a los mismos. Facilitando asimismo la coordinación de eventos y la identificación de posibles colaboraciones entre las partes interesadas de la comunidad.
- Análisis de la **economía** y las empresas locales, modelizando las empresas de la ciudad y sus relaciones con clientes, proveedores y otras empresas, y analizando las actividades económicas, las relaciones comerciales y las posibles oportunidades de crecimiento en una determinada área urbana.

A modo de ejemplo, se ha construido una pequeña representación de la actividad comercial en un día de la semana del *Black Friday* de 2021.

Neo4j agrupa gráficamente de manera natural unos nodos con otros en función de sus relaciones. En este caso, la relación que une a clientes con comercios es la "compra", representada con líneas en la figura. La [figura 3.16] muestra las compras realizadas con la aplicación "Volveremos" durante un día en aquellos comercios en los que en su dirección figura el texto "DELICIAS", un filtro que devuelve 13 comercios, de los cuales 4 están localizados dentro del mercado municipal "Delicias" y 9 a lo largo de la calle Delicias. Ambos, mercado Delicias y calle Delicias, están situados a una distancia de unos 500 metros el uno del otro.

Como el número de compras en los 13 comercios anteriores durante un solo día es del orden de unos pocos centenares, su representación gráfica es lo suficientemente clara como para estudiar ciertos fenómenos:

- **los comercios más atractivos** para los clientes, apartado en el que aparentemente el mercado se impone con claridad a la calle.
- **la intensidad de la relación entre los comercios** dentro del mercado, dentro de la calle, o entre el mercado y la calle. Al menos 8 clientes han comprado



[figura 3.16]

Representación mediante Neo4j de la actividad comercial el 24 de noviembre de 2021 en los comercios del mercado público “Delicias” (izda.) y de la C/ Delicias (dcha.) Los establecimientos comerciales se representan en gris, y los clientes en rojo.

en más de un comercio del mercado en el mismo día. Sin embargo, solo un cliente ha realizado compras en varios comercios de la calle Delicias, mientras que 2 clientes han realizado compras en el mercado y en la calle en el mismo día.

Las aplicaciones del análisis mediante grafo no acaban aquí, ya que añadiendo un poco más de complejidad al modelo podríamos representar el valor económico de las compras, separar los análisis por tipo de comercio, o analizar cuáles son los comercios que atraen a los clientes y cuáles viven de lo que en la literatura acerca del espacio público comercial se denominan "sobras" o *spillovers* (Sevtsuk, 2020).

Asimismo, hay que señalar que el ejemplo se ha construido únicamente con un tipo de datos -las compras a través de la aplicación "Volveremos"-, pero el modelo permite añadir grados de complejidad a medida que se disponga de datos de otras fuentes. Por ejemplo, las compras con tarjetas de crédito permitirían una mayor representatividad de la muestra, los tickets de compra -que los centros comerciales incluyen en sus análisis- permitirían realizar analíticas a nivel de productos, los datos de geoposicionamiento -mediante datos de telefonía móvil- permitirían incluir relaciones menos "profundas" entre clientes y comercios -como las paradas frente al escaparate o las entradas a la tienda que no acaban en compra-, y los datos de la tarjeta del transporte público posibilitarían conocer la influencia de éste en la actividad comercial. Finalmente, como se ha mostrado en el modelo simplificado de la calle comercial de la [figura 3.12], los datos de los sistemas de compras *on-line* o de las impresiones de los potenciales clientes en redes sociales completarían el análisis económico de la zona.

Todos estos datos, grandes en volúmen, variados en su naturaleza, y generados a la gran velocidad que las actividades urbanas conllevan, es lo que se denomina *big data*. Y como los distintos ejemplos de este capítulo de la tesis ilustran, su aplicación puede constituir una fuente de conocimiento importante para el proyecto de diseño urbano. Un conocimiento que la Inteligencia Artificial (IA), conectada con el *big data*, puede ayudar a aflorar.

[3.3] ALGORITMOS PARA DISEÑAR LA CIUDAD

El uso de algoritmos en el urbanismo tiene una historia rica y diversa que ha evolucionado a lo largo del tiempo. Antes de la era digital, la planificación urbana se basaba en enfoques manuales y la experiencia de urbanistas y arquitectos. Los planificadores utilizaban mapas, planos y modelos físicos para diseñar ciudades y tomar decisiones sobre el uso del suelo y la ubicación de infraestructuras.

Con el avance de la computación en las décadas de 1960 y 1970, comenzaron a desarrollarse sistemas de información geográfica (SIG). Los SIG permitían a los planificadores almacenar, analizar y visualizar datos espaciales, como mapas, parcelas de terreno y características geográficas. A medida que los SIG se volvieron más sofisticados, los planificadores empezaron a utilizar algoritmos para el análisis de datos espaciales. Esto incluía técnicas como la detección de patrones espaciales, el análisis de proximidad y la modelización de datos geoespaciales (De Monchaux, 2016, 154-166).

A finales del siglo XX, los algoritmos de optimización comenzaron a utilizarse en el campo del urbanismo para resolver problemas complejos, como la ubicación óptima de servicios públicos, el diseño de rutas de transporte público y la planificación de redes de infraestructura. En las últimas décadas, los avances en la potencia de cálculo han permitido desarrollar modelos de simulación y predicción más avanzados. Estos modelos utilizan algoritmos para prever el crecimiento de la población, el tráfico o el uso del suelo.

Más recientemente, con la aparición del concepto de las *smart cities* y el aumento de la disponibilidad del *big data*, los algoritmos se han vuelto esenciales para analizar y extraer información útil de grandes conjuntos de datos urbanos procedentes de sensores, redes sociales, registros públicos, cámaras en la vía pública, tarjetas de crédito u operadores de telecomunicaciones.

En la actualidad, el auge de la Inteligencia Artificial (IA) y el aprendizaje automático -*machine learning*- ha llevado el uso de algoritmos en la planificación, diseño y gestión urbanas a un nivel aún más sofisticado. Hoy en día la IA se aplica en el cálculo de rutas óptimas, la optimización de sistemas de transporte, el análisis de la calidad del aire, o la gestión de residuos.

[3.3.1] Inteligencia Artificial en el proyecto de diseño urbano

Para crear un modelo de datos en Neo4j que simule el esquema simplificado de la calle comercial de la [figura 3.16] basta con recurrir al algoritmo de IA Chat GPT de Open AI, al cual se le puede ordenar la creación del grafo de una calle comercial mediante la siguiente frase:

"Create with Neo4j a model to relate 4 customers to 2 shops through the relationship of purchasing"

Ante lo cual devuelve la secuencia de órdenes que en Neo4j crea tanto las tablas de nodos como las de relaciones:

```
// Create Customers CREATE (customer1:Customer {name: 'Customer 1'}) CREATE (customer2:Customer {name: 'Customer 2'}) CREATE (customer3:Customer {name: 'Customer 3'}) CREATE (customer4:Customer {name: 'Customer 4'}) // Create Shops CREATE (shop1:Shop {name: 'Shop 1'}) CREATE (shop2:Shop {name: 'Shop 2'})

/ Create Purchased Relationship MATCH (customer:Customer {name: 'Customer 1'}), (shop:Shop {name: 'Shop 1'}) CREATE (customer)-[:PURCHASED {amount: 100}]->(shop) MATCH (customer:Customer {name: 'Customer 2'}), (shop:Shop {name: 'Shop 1'}) CREATE (customer)-[:PURCHASED {amount: 50}]->(shop) MATCH (customer:Customer {name: 'Customer 3'}), (shop:Shop {name: 'Shop 2'}) CREATE (customer)-[:PURCHASED {amount: 80}]->(shop) MATCH (customer:Customer {name: 'Customer 4'}), (shop:Shop {name: 'Shop 2'}) CREATE (customer)-[:PURCHASED {amount: 120}]->(shop)
```

El resultado es un grafo de la misma estructura que el del modelo simplificado de la calle comercial representado en la [figura 3.10]. Podemos fácilmente parametrizar el grafo resultante cambiando los atributos de cada nodo y relación a los valores de nuestra calle particular. El proceso ha durado unos minutos, evitando tener que aprender el lenguaje específico de Neo4j -un trabajo que puede fácilmente llevar varios días-.

Esta aplicación de la IA, aún siendo importante -después de todo, como ha quedado de manifiesto, la creación del modelo de datos debe formar parte del proyecto de diseño-, no constituye su principal campo de aplicación en el diseño urbano. Como el propio Chat GPT informa al preguntarle por las aplicaciones de la IA en diseño urbano:

> *"La generación avanzada de soluciones no es la única aplicación de la IA en diseño urbano, ya que los algoritmos de IA pueden utilizarse para analizar los patrones de flujo de tráfico, el movimiento peatonal y los datos de transporte público, informando así sobre la posible ubicación de las carreteras, los pasos peatonales y la infraestructura de transporte público.*
>
> *Además, mediante la recopilación de datos sobre cómo las personas utilizan e interactúan con los espacios urbanos, la IA puede informar el diseño de soluciones centradas en el usuario que satisfagan las necesidades y preferencias de los residentes y visitantes. Finalmente, la IA puede permitir la supervisión y gestión en tiempo real de los recursos y servicios urbanos, lo que permite dar respuestas más ágiles y eficientes a las cambiantes condiciones de contorno."*

Asimismo, se asume que la IA puede ayudar a generar soluciones a problemas de diseño urbano -a través de las llamadas tecnologías "generativas"- que no están al alcance de una inteligencia humana. Una de las empresas que ofrece este tipo de servicios es Sidewalk Labs, perteneciente al grupo Alphabet, también propietario de Google.[25]

Sidewalk Labs recopila grandes cantidades de datos de diversas fuentes, como sensores, registros públicos y otros conjuntos de datos urbanos. A partir de esa información, la IA entra en acción para analizar estos datos y comprender el funcionamiento de las ciudades y las pautas de la vida urbana, con el objetivo de mejorar el modelado predictivo -en el que los datos pasados se utilizan para predecir escenarios futuros-. Las expectativas futuras del uso de la IA sobre el *big data* urbano incluyen la revelación de patrones, tendencias y relaciones ocultos para el ojo humano bajo el vasto océano de información obtenida de los diferentes sistemas urbanos.

Aunque el optimismo de Open AI y de Sidewalk Labs acerca del impacto real de la IA en la praxis urbana no se corresponde aún con la realidad más generalizada de los proyectos urbanos,[26] parece evidente que, tanto si le pedimos a la IA que nos proponga diseños formales novedosos para problemas complejos -por ejemplo, el diseño óptimo de una "supermanzana"-, como si usamos la IA para identificar estructuras aún no reveladas fruto de las dinámicas urbanas representadas por el *big data*, estamos en realidad demandando al algoritmo soluciones al clásico problema de la relación entre la función y la forma. Un problema al que la arquitectura ha dado tradicionalmente respuesta considerando la forma como influencia de la función, pero que la biofísica empieza a considerar desde ángulos alternativos.

[3.3.2] La algorítmica de la materia y la energía

Hemos razonado que las ciudades no deberían comportarse de manera sustancialmente distinta a como lo hacen otras configuraciones materiales complejas que encontramos en la naturaleza y que, mediante la adaptación disipativa, se auto-organizan -gracias al aporte moderado y cíclico de energía- alcanzando un equilibrio estacionario.

Una vez establecido este nuevo prisma, tratamos en más profundidad el importante asunto de cómo el urbanismo desafía, aparentemente, la tendencia de la entropía a aumentar. Analizamos varias interpretaciones de la entropía urbana y concluimos que la creación de estructuras complejas es compatible con un cierto aumento del orden del sistema, al menos en la etapa de crecimiento urbano, y siempre a costa de aumentar la entropía en el resto del Universo.

Ambos avances dejan una pregunta en el aire: si las ciudades, como los ecosistemas terrestres o marinos, se auto-organizan sin la intervención de personas que se ocupen de un diseño superior, ¿qué ocurre cuando alguien interviene?

[25] La herramienta comercial del Sidewalk Labs de diseño urbano generativo se denomina Delve. Ver https://www.sidewalklabs.com/products/delve (Consultado el 8 de Julio de 2023)

[26] La experiencia de este investigador en proyectos urbanos sugiere que el uso de la IA es aún limitado y muy parcial, a menudo referido a la automatización de tareas metódicas. Por ejemplo, en el proyecto europeo de análisis de calidad del aire mediante ciencia ciudadana Sociobee (https://socio-bee.eu/) la inteligencia artificial sirve para recomendar a los usuarios acerca de dónde realiza las mediciones de calidad del aire para que el muestreo sea óptimo. En el caso del proyecto BRISE en Viena la IA se usa para automatizar los cálculos de los técnicos municipales en licencias urbanísticas, con el objetivo de acelerar los tiempos de concesión (ver https://www.uia-initiative.eu/en/news/disrupting-without-breaking-how-vienna-piloting-seamless-digital-building-permission). En otros casos se usa el término IA de manera un tanto laxa para referirse al análisis de grandes volúmenes de datos.

Para responder a ello, hay que recordar que hemos dado una definición alternativa al urbanismo como el conjunto de procesos que se ocupan del aprovechamiento de la energía que llega a una ciudad para su conversión en estructura urbana. Estas estructuras corresponden a posibles estados en que la materia puede organizarse de una forma más o menos estable -al menos, durante un tiempo-. Y la organización de la materia -ya sean las partículas de objetos inertes o las de los organismos vivos- en estructuras estables requiere de un aporte energético.

El biofísico Jeremy England usa una metáfora muy gráfica: se puede pensar que la distribución de las partículas de un sistema es una pelota que rueda desde un pico -el cual representa un estado de baja entropía- hacia el valle -que representa un estado de alta entropía-. Si no hubiese obstáculos ni fuerzas en contra -como una corriente de aire-, el recorrido natural de la pelota según la flecha del tiempo la llevaría a acabar en el fondo del valle más profundo, de donde ya no se movería (England, 2020) Este estado se corresponde con un desorden máximo en el sistema, por ejemplo un tronco muerto convertido en humus.

Ocurre, sin embargo, que un aporte adecuado de energía puede hacer que la distribución de partículas se organice en una estructura estable, como las moléculas de arcilla de los ladrillos formando una pared impulsada por la energía de la cocción, primero, y del albañil, después. Ello equivale a empujar la "pelota" hacia arriba por una pendiente lateral, cayendo después en un pequeño valle en altura. En ese estado "pared" las moléculas de la arcilla pueden quedarse mucho tiempo, hasta que poco a poco la "pelota" acabe también deslizando por ese valle a medida que la pared se desintegra por efecto de la intemperie.

Hemos visto que la manera en que consigue una ciudad "ordenarse" -disminuir su entropía- y aumentar su complejidad no difiere demasiado de cómo lo hace una planta, o cualquier ser vivo: gracias al aporte de energía y materia. Así, el urbanismo posee una función organizadora, es decir, "los profesionales del urbanismo se ocupan y preocupan de principalmente de organizar lo urbano." (Buhigas y Sola-Morales, 2022).

Obviamente, no necesitamos urbanistas para que se produzca esta reconfiguración de la materia urbana como resultado de los aportes energéticos. Los asentamientos no planificados: campos de refugiados, arrabales, o favelas son ejemplo de ello. En estos casos, la ciudad se auto-organiza de abajo a arriba. No sorprende que, cuando dejamos a la ciudad crecer sin la intervención de un planificador, las estructuras que surgen son, a menudo, de carácter fractal -es decir, semejante en varias escalas-. Las estructuras fractales son a menudo la respuesta que la algorítmica que auto-organiza la materia proporciona para optimizar la obtención de nutrientes -energía- y su transporte.

[3.4.3] La ciudad era "el algoritmo"

La [tabla 3.1] resume algunas de las recomendaciones proyectuales que el marco de la analítica de flujos energéticos ha arrojado hasta este punto, y aunque esta condensa buena parte de las recomendaciones prácticas que han ido aflorando a lo largo del presente capítulo, nos permitimos finalizarlo con una breve disgresión acerca de las posibilidades que el enfoque energético puede abrir a nivel experimental para los proyectos de diseño urbano.

England (2020:202) sostiene que la adaptación disipativa -la generación de estructuras a partir de un flujo energético moderado y cíclico- puede llevar cualquier conjunto macro-molecular a "exhibir un comportamiento grupal que (en esencia) representa la solución a un problema de aporte energético, al que la materia llega tras una computación nada trivial de las condiciones presentadas por el entorno". England advierte contra el excesivo uso de la selección natural para explicar el origen de la forma en las estructuras celulares: "¿son todas las funciones celulares resultado de la selección natural o puede ser que algunas sean resultado de una auto-organización espontánea?" Parece que, cuando la materia se escudriña a pequeña escala, las proteínas presentan una "asombrosa capacidad de reorganizarse espacialmente en formas perfectamente adaptadas a la ocasión".

Se sugiere, además, que la capacidad de resolver problemas complejos no estaría limitada a las proteínas, sino que podría ser una propiedad de estructuras mucho más grandes. Se ha resaltado el interés creciente por las posibilidades para la informática de las llamadas "máquinas blandas" -*soft machines*- constituidas por objetos flexibles como un brazo de silicona o un tentáculo de pulpo (Nakajima et al., 2015). De hecho, algunos conjuntos de estas súper-estructuras, bajo ciertas condiciones y sometidas a un flujo de energía determinado, adoptan configuraciones que permiten resolver computacionalmente problemas de cierta complejidad por sí mismos, asimilando su funcionamiento a un algoritmo de inteligencia artificial basado en *machine learning*:

> *"En general, la dinámica de los cuerpos blandos presenta diversas propiedades, como la no linealidad, la memoria y un número potencialmente infinito de grados de libertad. Además, sus grados de libertad suelen ser mayores que el número de actuadores (es decir, sistemas infra-actuados), lo que provoca dificultades bien conocidas para controlarlos (...) Aquí demostramos que estas propiedades aparentemente no deseadas pueden ser muy beneficiosas, ya que nos permiten utilizar los cuerpos blandos como recursos computacionales"*

[tabla 3.1]

Lista de recomendaciones proyectuales fruto del marco de análisis de flujos energéticos.

N.	Descripción	Observaciones
1	Los proyectos de diseño urbano deben buscar una **estructura de semi-celosía**.	Estructura a extender **a todos los niveles:** morfológico, de funcionamiento y, especialmente, de gobernanza.
2	El **diseño del sistema de recogida y monitorización de datos** debe formar parte también del propio proyecto, y ello incluye sensores, bases de datos, indicadores, algoritmos de analítica y sistema de representación y visualización.	Ello implica considerar la **multidisciplinariedad** desde el principio.
3	A nivel de sensores, se debe buscar la mínima intervención posible, priorizando aquellos ya instalados o utilizados para otros usos. A nivel de bases de datos, se recomiendan las bases de datos nativas en grafo como Neo4j. En cuanto al sistema de indicadores, debe definirse ex-ante para realizar la revisión ex-post.	La representación en red o en grafo debe ser complementaria a las representaciones convencionales.
4	Considerar fuentes externas -al proyecto o sistema- de recogida de datos: p.e. compras con tarjeta, los mensajes de móvil, las validaciones en las billeteras del bus, o los clicks en una página web.	Estas fuentes externas no pueden limitarse ni a datos estáticos ni a los datos abiertos u *open data* publicados en los portales públicos, ya que éstos están referidos a objetos y raramente reflejan datos de actividades con la suficiente precisión y resolución temporal.
5	Dos indicadores a considerar a futuro son el Valor del sistema (V), donde V = K * n2 , con n = número de nodos conectados, y la entropía espacial.	Valores a monitorizar a nivel de variaciones en términos relativos tras cada iteración.
6	El proyecto de diseño debe incorporar el afloramiento de nodos de actividad	En la actualidad esto no es parte del proyecto, sino que, si se realiza, es parte del planeamiento
7	A nivel de algorítmica, en la gran parte de los proyectos urbanos la IA no es capaz aún de plantear las preguntas adecuadas, pero su uso a nivel proyectual puede ser explorado en las fases generativas y de implementación.	Al menos de momento, muchos proyectos urbanos tienen aún margen de mejora con la incorporación de dinámicas de facilitación, participación, e inteligencia colectiva a través de foros o espacios multidisciplinares como los laboratorios urbanos.

No podemos, por tanto, dejar de apuntar aquí una idea puramente especulativa pero ciertamente sugerente que, sin duda, necesitaría de un mayor desarrollo futuro. El comportamiento de la ciudad, en ausencia de planificación centralizada, puede asimilarse a lo largo del tiempo a un cerebro distribuido capaz de resolver problemas de optimización de recursos y de dar respuesta a los estímulos energéticos del exterior. Desde este punto de vista, la inteligencia, memoria y cultura colectivas tendrían profundas raíces (bio)físicas.

Por tanto, si una configuración orgánica de la ciudad es fruto de la adaptación disipativa al flujo de estímulos o de energía que recibe, entonces la configuración de la ciudad no planificada -su diseño formal- puede interpretarse como la solución a un complejo problema no lineal que se formularía como "¿cuál es la configuración óptima de una ciudad para tener éxito en su tarea?", una solución que llevaría implícita la respuesta a la definición precisamente del éxito de una ciudad, algo sobre lo que parece imposible ponerse de acuerdo -como las permanentes controversias en el ámbito del urbanismo demuestran-.

Pero continuando la línea de razonamiento especulativo, si observando la configuración de las proteínas en un líquido podemos comprender el problema que estas proteínas resuelven y la razón de su óptima organización espacial, y parecido proceso podemos hacer observando las salidas de un algoritmo, entonces -al menos en teoría- observando la ciudad con las herramientas adecuadas deberíamos poder descifrar "el tipo de problema que la ciudad constituye" -en palabras de Jane Jacobs y Chris Alexander-. Podríamos así entender la relación que su configuración espacial posee con la solución a dicho problema.

En otras palabras, lo anterior sugiere que la ciudad que no ha sido fuertemente planificada se comporta como un algoritmo de IA, solo que de muy lenta velocidad de procesamiento. De manera que, dado el estado de desarrollo de la praxis urbanística hoy en día, en la cual la cultura de la analítica de datos no acaba de estar implantada, es posible que no sea tan necesario de momento aplicar de manera intensiva la IA al diseño urbano como centrarse en la etapa anterior, la de recopilación e interpretación de datos urbanos en el proyecto de diseño. No necesitamos -todavía al menos- algoritmos para resolver la ciudad: la ciudad, en sí misma, "es" el algoritmo. Para leerla, descifrarla y entenderla solo sería preciso, en este punto, perfeccionar los métodos de observación.

A ello dedicaremos, precisamente, los siguientes capítulos de la tesis.

DISEÑO URBANO Y PSICOLOGÍA

DISEÑO URBANO DIGITAL ÁGIL Y DE BAJO COSTE.
UNA METODOLOGÍA ITERATIVA DE PROYECTOS PARA EL ESPACIO PÚBLICO COMERCIAL BASADA EN *BIG DATA*.

En el diseño de las ciudades, y ni el espacio público ni los servicios urbanos digitales son una excepción, la perspectiva ciudadana cobra cada día una mayor importancia. Ya hemos señalado cómo las razones que explican este creciente protagonismo discurren en paralelo con la corriente de la historia: en las sociedades democráticas se exploran nuevos mecanismos de participación ciudadana, mientras que el mercado transita hacia una imparable personalización del producto para proporcionar nuevas e individualizadas experiencias. Así, en el mundo físico, la fuerza de la "experiencia urbana" es reconocida tanto por autores en las antípodas del mercantilismo como David Harvey -que aboga por aplicar un marco materialista para dotar de un sentido interpretativo a esas "millón y una sorpresas que las calles deparan" (1989)- como por quienes consideran a esa misma "experiencia urbana" un valor fundamental de marca con que atraer a "las clases creativas" -y a su poder adquisitivo- de vuelta a la ciudad (Florida, 2002).

Por su parte, el mundo de los negocios digitales se halla igualmente entregado a la importancia de lo "experiencial" y subjetivo. En él, la creciente importancia del sujeto en el diseño del objeto impulsa el desarrollo de las técnicas UX[1] -del inglés *User Experience*-, las cuales buscan perfeccionar el diseño mediante su adaptación a la manera en que los usuarios experimentan lo diseñado, empleando un variado conjunto de avanzadas herramientas tecnológicas de recolección y análisis de datos de uso.

No obstante, ni en el caso de los productos ni en el de las ciudades el interés por mejorar la experiencia de usuario tiene que ver solamente con la capacidad de elección. Los datos muestran que la diversidad de las tipologías residenciales está disminuyendo (Paulsen, 2012). A la hora de elegir la tipología de barrio para vivir, las posibilidades suelen estar limitadas tanto por razones relacionadas con la oferta -similitud de patrones (Rowe, 1991)- como con la demanda -por la existencia de restricciones económicas, de movilidad, o culturales que imposibilitan materializar una elección efectiva (Kain, 1992)-. En estas situaciones la calidad experiencial del espacio construido deviene en un asunto de justicia social más que económico.

El foco en el componente perceptivo y psicológico -que aquí denominamos "psicogeográfica"- busca aportar una perspectiva innovadora al diseño de un sistema urbano como es el comercio local, esencial para la ciudad (Bouchain, 2020). Un análisis que la investigación hace extensiva al espacio público y a la movilidad debido a su influencia sobre el comercio a pie de calle.

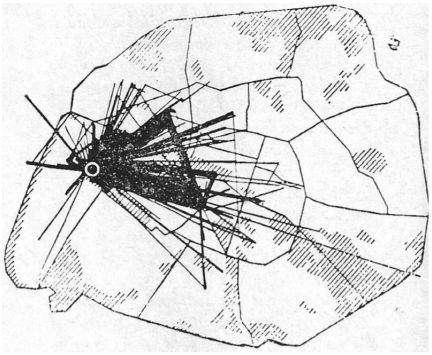
[4.1] PSICOGEOGRAFÍA

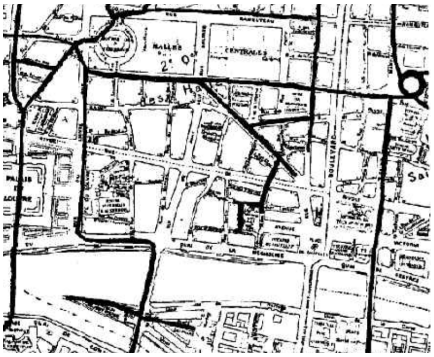
Ya los situacionistas en la década de los años cincuenta del pasado siglo señalaron que, tras la -efímera- victoria del surrealismo en las artes (Granés, 2012), era cuestión de tiempo que la percepción y la psicología se incorporaran al urbanismo. Los primeros mapas psicogeográficos, elaborados mediante la observación de trayectorias de viandantes -como el del distrito XVI en París [figura 4.1.a] o el del mercado parisino de Les Halles [figura 4.1.b]- apuntan en esa dirección. En nuestro tiempo, la digitalización y el creciente uso del *smartphone* en el espacio público son dos fenómenos que invitan a reconsiderar la importancia que se le otorga a la experiencia subjetiva e individualizada en el diseño de la ciudad.

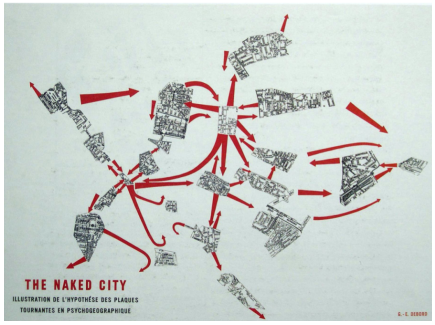
[1] El diseño de la experiencia del usuario (UX) se define como "el proceso que utilizan los equipos de diseño para crear productos que proporcionen experiencias significativas y relevantes a los usuarios. El diseño UX implica el diseño de todo el proceso de adquisición e integración del producto, incluidos aspectos de marca, diseño, usabilidad y funcionalidad." (Interaction Design Foundation, 2016).

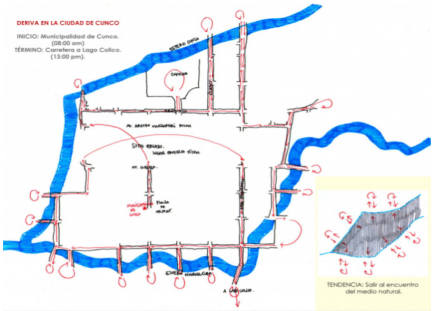
[figura 4.1]

Algunos mapas psicogeográficos. De izda. a dcha. y de arriba a abajo: a) mapa de recorridos de una estudiante del distrito XVI de París, de Chombart de Lauwe (1952), b) Mapa de corredores y fronteras del Mercado parisino de Les Halles por Khatib (1958), c) Mapa de conexiones entre barrios parisinos "The naked city", de Debord y Asger Jorn (1957), y d) Mapa de Cunco (Chile) observado mediante la técnica situacionista de la deriva,









Los miembros de la Internacional Situacionista[2] fueron pioneros en señalar que el urbanismo y la psicología ambiental debían ir de la mano para así mejorar la calidad urbana. De hecho, el situacionismo afirmaba querer superar el arte y el urbanismo de la época mediante la unión de todas las artes en una única disciplina que, bajo la denominación de "urbanismo unitario", tendría el objetivo último de que toda la ciudad fuera un collage o sucesión de ambientes urbanos cambiantes y efímeros que, una vez eliminado el trabajo alienante, transportaran a la ciudadanía a un estado emocional proclive a la diversión, al juego, a la fraternidad y al placer.

[4.1.1] La dimensión emocional situacionista

El situacionismo comprendió que el primer paso para construir un urbanismo liberador era incorporar la perspectiva ciudadana a través de sus **parámetros emocionales y mentales**.[3] Se era consciente de que para incorporar dicha perspectiva ciudadana en la forja de ese nuevo urbanismo era necesario plasmarla en nuevas cartografías que reflejaran lo urbano desde el punto de vista personal y no desde el prisma de las infraestructuras -como el primitivo mapa de la [figura 4.1.a]-, dado que "un barrio no queda solamente determinado por los factores geográficos y económicos, sino por la representación que sus habitantes y los habitantes de otros barrios se hacen de él" (De Lauwe, 1952).

Así, el segundo número de la revista de la Internacional Situacionista publicó un incipiente estudio para comprender el funcionamiento del barrio parisino de Les Halles -gran intercambiador y frontera entre el París obrero y el París acomodado-, a través de la toma de datos y la observación directa de los movimientos de sus usuarios. Según este estudio, la zona de Les Halles representa una "**unidad de ambiente**"[4] sobre la que la psicogeografía y el urbanismo unitario pueden contribuir a accionar "cambios permanentes" de "corta duración" que modifiquen el comportamiento afectivo de sus gentes (Khatib, 1958). Un concepto adelantado a su tiempo: en la actualidad, son precisamente unidades de ambiente lo que crean los diseñadores de centros y galerías comerciales a cielo abierto, donde se usan todo tipo de técnicas psicogeográficas -diseño del espacio construido, señalética, decorados móviles, y hasta experiencias sensoriales sonoras y olfativas- para crear un estado emocional propicio a las compras.[5]

Respecto a los posibles fines del condicionamiento psicológico del entorno, ya en la editorial del primer número de la revista de la Internacional Situacionista (Debord, 1958) se llamaba la atención sobre la "carrera" entre "artistas libres" -denominación con que el situacionismo simbolizaba a quienes pretendían la liberación del hombre a través de ese urbanismo unitario- y "policías" -representantes del estado opresor- para experimentar y desarrollar nuevas técnicas de condicionamiento psicológico a través de la creación de ambientes, advirtiendo que la policía partía con "considerable ventaja". Del resultado de esta competición dependería "la aparición de ambientes apasionantes y liberadores, o (por el contrario), el refuerzo -controlado científicamente, sin fisuras- del ambiente del viejo mundo de la opresión y el horror". Así, proponían

[2] La corriente situacionista estaba formada en su núcleo por un pequeño y heterogéneo grupo de intelectuales europeos surgidos de la unión entre la Internacional Letrista (una escisión del letrismo de Isou), el Movimiento Internacional por una Bauhaus Imaginista (MIBI) y el grupo COBRA (Marelli, 1998).

[3] Ya en uno de sus primeros ensayos (Ivain, 1958) se hablaba del "barrio siniestro" y del "barrio trágico", pero también del "barrio útil" (donde estarían los hospitales o las ferreterías).

[4] Una "unidad de ambiente", según los situacionistas, es la unidad básica de acción del "urbanismo unitario". Se caracteriza por una coherencia y homogeneidad perceptivas que hacen que el conjunto provoque un cierto estado de ánimo en el visitante (Debord, 2022).

[5] Este hecho revela una paradoja cruel, pues los situacionistas comenzaron su andadura poniendo al descubierto "la amarga victoria del surrealismo", consistente en la apropiación por las fuerzas reaccionarias (mercado, ejército, etc) de conceptos inventados por el surrealismo para luchar contra esas mismas fuerzas, como por ejemplo las tormentas de ideas. Décadas después de su manifiesto fundacional, son estas mismas fuerzas las que mejor han explotado las técnicas situacionistas para los algunos de los fines que los situacionistas más denostaban.

contraponer el "funcionalismo absoluto" en la arquitectura mediante una "**arquitectura organizada a partir de la función psicológica del ambiente**" (Debord, 1958).

El uso avanzado de las técnicas de creación de ambientes que se realiza en los más modernos centros comerciales ejemplifica lo acertado de la crítica situacionista. Los centros comerciales de última generación -a menudo al aire libre- constituyen, en efecto, una tipología de proyectos donde la práctica de la generación de ambientes proclives a influir emocionalmente sobre el usuario se ha desarrollado especialmente. Como anunciaba la empresa Intu -una de las corporaciones líderes en la construcción y operación de estos centros comerciales- en su web, "la creación de experiencias de compras memorables (…) es el valor diferencial."[6]

Cabe preguntarse, por tanto, en qué medida algunas de las técnicas usadas en los centros comerciales de última generación, operados por multinacionales -poblados generalmente por franquicias comerciales y cuyo espacio interior y exterior es de carácter privado-, pueden emplearse para la creación de ambientes urbanos en espacios públicos comerciales que beneficien al pequeño comercio y contribuyan a la revitalización de los barrios. De hecho, la dimensión multi-sensorial para la creación de ambientes se va incorporando poco a poco a la praxis del diseño urbano más allá del diseño y construcción de centros comerciales (Albertsen, 2019) (Stenslund, 2022).

Por otra parte, y aunque no se trate de un asunto central en la tesis, no hay que olvidar que algunas de las palancas para mejorar el funcionamiento del espacio público se pueden accionar de manera más eficaz desde fuera de dicho espacio. A este respecto, se ha señalado la existencia de "**espacios de comportamiento**"[7] definidos como aquellos lugares donde se toman decisiones de uso que afectan al espacio público -por ejemplo, cuando en un centro de trabajo un grupo decide dónde ir a comer- y que se sitúan alrededor o en las proximidades de los nodos urbanos de actividad, pero no estrictamente en ellos (Moro, 2023).

Así, los centros de trabajo en los aledaños de una zona de restaurantes serían esos "espacios de comportamiento" ligados al espacio físico donde se ubican los distintos tipos de establecimientos. Ambos, espacio público y espacios de comportamiento, forman parte de la misma red como nodos diferenciados. Por consiguiente, la acción pública para mejorar el funcionamiento del espacio público tendrá en cuenta ambos tipos de nodos. Dado que en los espacios de comportamiento muchas de las decisiones se toman a través de medios o algoritmos *on-line* -el caso de la elección de una actividad de ocio o de restauración es un claro ejemplo- no se debe descartar la influencia pública a través de estos medios y algoritmos, por ejemplo, mediante sistemas de recomendaciones con apropiadas técnicas psicológicas de "arquitectura de la elección" -*choice architecture*- (Thaler y Sunstein, 2008). Esta capacidad de influencia de lo digital sobre el funcionamiento del espacio físico a través de acciones sobre espacios de comportamiento constituye una razón más para sostener la propuesta de la tesis de un diseño urbano que se ocupe de ambas componentes -física y digital- de manera integrada y simultánea.

[6] Ver web.archive.org/web/20200412033003/https://www.intugroup.co.uk/en/what-we-do/commercialisation/ (Consultado el 2 de Enero de 2021)

[7] Traducción del autor del inglés *behavioural spaces.*

[4.1.2] Elementos para la creación de ambientes

A continuación analizamos algunos de esos elementos de creación de ambientes tratados en la sección anterior -muchos de ellos usados en centros comerciales- en el marco de su influencia psicológica. A través de este análisis se pretende obtener un marco de análisis que aplicar al caso de estudio del Plan Director de Galerías Urbanas de Zaragoza[8] -contenido en su Plan Local de Equipamientos Comerciales-[9] en la medida que dicho plan está formulado para adaptar al espacio público comercial las técnicas ya usadas en centros comerciales privados. Dicho plan reconoce que "una de las maneras en las que el comercio local puede competir con las grandes superficies comerciales y los centros comerciales abiertos es ofrecer una experiencia de compra similar (...)". El ejemplo se analiza en el capítulo 6.

Si hay un rasgo que se imponga sobre los demás a la hora de hacer que el cerebro humano disfrute del espacio público es su similitud con la naturaleza (Kaplan y Kaplan, 1989), cuyos efectos psicológicos sobre el sujeto incluyen una mayor capacidad de concentración, así como la relajación y un menor cansancio mental, cualidades todas ellas especialmente valiosas para un modo de vida urbano caracterizado por el estrés de las rutinas diarias. Esta importancia capital de la naturaleza ha tenido su reflejo proporcional en la disciplina del diseño urbano, a través principalmente de la arquitectura del paisaje. Ligada a esta influencia de lo natural se ha señalado la favorable predisposición del cerebro humano a los contornos curvos y suaves y cómo, de hecho, el espectro frecuencial de las imágenes que percibimos -las frecuencias bajas son debidas a los contornos suaves mientras que las frecuencias altas están producidas por aristas y ángulos- es un fuerte predictor de su efecto restaurativo sobre nuestra psique (Valtchanov, 2013).

Millones de años de evolución en un hábitat natural han llevado a los humanos a desarrollar ciertas preferencias en relación también al uso del espacio público, como la de elegir lugares en los que las personas puedan **ver sin ser vistas** (Appleton, 1975), o aquellos en los que se goce de una buena **vista de conjunto con protección a la espalda** (Gehl, 2013, p. 137). Estos tipos de lugares ofrecen condiciones propicias para actividades en que nuestra atención respecto al mundo exterior se relaje, como la lectura o la consulta del móvil.

Finalmente, la empatía es una facultad psicológica también sólidamente anclada en nuestra genética que muchos gestores de espacios comerciales o de parques temáticos explotan a través de la colocación de figuras, muñecos o personajes animados. Pero, al parecer, el sentimiento de **empatía se genera hacia objetos móvile**s mucho más sencillos (Ellard, 2015, p. 58) que pueden ser así utilizados por el diseñador para crear experiencias emocionales en el espacio urbano. Evidentemente, el rápido desarrollo de la robótica abre nuevas posibilidades en este sentido, y cada vez es más frecuente ver robots en establecimientos comerciales haciendo las veces de guías y asistentes.

[8] Consultable en https://www.camarazaragoza.com/wp-content/uploads/2022/02/ANEXO-I.pdf (accedido por última vez el 29 de diciembre de 2023)

[9] Ver https://www.zaragoza.es/contenidos/comercio/Plan_local_equipamiento_comercial.pdf (accedido por última vez el 29 de diciembre de 2023)

[figura 4.2]

De arriba a abajo y de izquierda a derecha:

a) Centro comercial Puerto Venecia, Zaragoza

b) Superkilen Park, Copenhague,

c) Celebration, Florida.

d) El Poble Espanyol, Barcelona.

e) China Trade Gate, Boston,

f) Pruitt-Igoe, San Luis (EE.UU).

g) Construcción de una Wikihouse,y

h) Complejo de Wikihouses en Queen Elizabeth Olympic Park, Londres.

No obstante, algunas de las influencias psicológicas del espacio se explican por factores no estrictamente genéticos, sino relacionados con las etapas tempranas del aprendizaje humano y de la construcción de la identidad. Parece ser, por ejemplo, que las personas mostramos ciertos sesgos a la hora de las preferencias por uno u otro tipo de hogar que tienen que ver con esa construcción temprana de la **identidad**. De la misma manera que la apelación a rasgos y símbolos que recreen las identidades de comunidades migrantes ha sido utilizada para el diseño de un espacio público inclusivo [figura 4.2.b], parece que los clientes inmobiliarios tienden a mostrar preferencia por las casas que les recuerdan a una infancia feliz (Ellard, 2015, p. 66). Un sesgo que, según Ellard, explicaría por qué muchas personas se sienten atraídas por escenarios urbanos, como el de la ciudad de Celebration (Florida) [figura 4.2.c] o del Poble Espanyol en Barcelona [figura 4.2.d], que recrean idealizaciones de una identidad nacional perdida. Escenarios que también encontramos en parques temáticos de empresas como Disney y cuyo impacto positivo en nuestras emociones incita nuestras decisiones de gasto (Kuntsler, 1994).

En muchos de estos escenarios que recrean una identidad colectiva perdida -fuera o no real-, encontramos un interesante elemento como es la **puerta de entrada**. Experimentos cognitivos han determinado que nuestra capacidad de recordar elementos espaciales -como la posición de objetos- aumenta cuando todos ellos se encuentran en uno de los lados de una puerta (Radvansky, 2012). De hecho, según Radvansky las puertas parecen crear un "horizonte de eventos" distinto cuyo traspaso nos hace olvidar lo que dejamos atrás. De modo que una puerta como la *China Trade Gate* -donada a la ciudad de Boston por el gobierno de Taiwan- no solo marca el acceso al barrio de Chinatown y recuerda a visitantes y habitantes la remota identidad oriental, sino que ejerce un impacto positivo a la hora de fijar en nuestra memoria elementos del barrio como calles, monumentos y comercios. [figura 4.2.e]

Muy relacionado con el hecho de traspasar un umbral se encuentra asimismo la necesidad de las personas por habitar **espacios que puedan abarcarse y "defenderse"**. En su obra Defensible Space, Oscar Newman reflexiona sobre un hecho que posee evidentes implicaciones en el diseño urbano, ya que implica la necesidad de establecer toda una suerte de principios formales, normas regulatorias y herramientas económicas para establecer perímetros dentro de los cuales los habitantes puedan ejercer un cierto control del espacio más allá de sus viviendas (1972). Un control que no se limita a los aspectos de seguridad física, sino que implica también cuestiones relativas a la expresión de una cierta identidad colectiva o a la capacidad de reconfiguración del propio espacio por parte de sus habitantes (Newman, 1996).

Precisamente, la **posibilidad y libertad de reconfiguración** sin pedir permiso a una entidad superior -como un fabricante de *software* o un casero-, es una de las características del código abierto bien conocida y explotada por los desarrolladores de sistemas operativos informáticos de este tipo como el popular sistema Linux.[10] De he-

[10] Linux es el sistema operativo -*software* que se sitúa por debajo del resto del *software* de un ordenador, recibiendo peticiones de esos programas y transmitiéndolas al *hardware* del ordenador- de código abierto más conocido y utilizado. En muchos aspectos, Linux es similar a otros sistemas operativos como Windows o macOS. Al igual que ellos, Linux tiene una interfaz gráfica, y los mismos tipos de programas, tales como procesadores de texto, editores de fotos, editores de vídeo, etc. Fuente: Opensource.com. (Accedido el 12 de abril de 2023)

[tabla 4.1]

Las cuatro libertades del *software* libre. (Fuente: Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado - INTEF)

N.	Descripción
0	La libertad de ejecutar el programa como se desee, con cualquier propósito.
1	La libertad de estudiar cómo funciona el programa, y cambiarlo para que haga lo que uno quiera.
2	La libertad de redistribuir copias para ayudar a otros.
3	La libertad de distribuir copias de versiones modificadas a terceros.

cho la reconfiguración es, junto a la libertad de copia y distribución, una de las libertades del *software* libre -uno de los tipos de sistemas de código abierto existentes- [tabla 4.1]. En esta línea, algunos investigadores del Medialab del MIT han desarrollado un marco de **código abierto aplicable a las viviendas** (Larson et al., 2004) de manera que estas copien algunas de las características y ventajas del *software* y del *hardware* libre, como la modularidad, la documentación exhaustiva sobre procesos y materiales y la estandarización de componentes. Similares principios guían el proyectos de diseño y construcción de edificios basados en cultura libre *Wikihouse* [figuras 4.2.g y 4.2.h]. En estos esquemas el arquitecto pasa a ser una especie de meta-diseñador que transfiere parte de la facultad de diseñar al usuario final.

Como demuestra el proyecto *Cityhome* del MIT,[11] añadiendo sensores e inteligencia artificial l**as viviendas pueden ser adaptadas dinámicamente en función de las necesidades momentáneas de sus habitantes**. Por ejemplo, las paredes pueden cambiar de posición en función de determinados estados psicológicos captados a su vez por los sensores biométricos, lo cual supone una aplicación interesante de las tecnologías digitales para posibilitar la apropiación y el control del espacio privado por parte de las personas usuarias. Similares principios de adaptabilidad pueden ser aplicados a la obtención de un **espacio público comercial cambiante**, como quedó de manifiesto en la propuesta que Sidewalk Labs, filial de Alphabet -la compañía matriz de Google- realizó para el proyecto *Toronto Tomorrow* (Sidewalk Labs, 2019). En ella, elementos como calzadas, toldos y muros separadores entre locales podían cambiar en función de las condiciones ambientales o de las necesidades de programación del espacio público.[12]

[4.1.3] El espacio público digital

Si la geografía de la percepción y el comportamiento y la psicogeografía han asentado un nutrido conjunto de elementos físicos importantes a la hora de tener en cuenta la perspectiva de usuario en el diseño urbano, la literatura existente sobre cómo diseñar la capa digital del espacio público teniendo en cuenta la percepción es extraordinariamente escasa. Una de las contribuciones más relevantes la encontramos en la obra recientemente publicada "*La Ville Numérique*", de Bailly y Marchand (2021), quienes concluyen que lo digital en el espacio público puede influir en varios aspectos psicológicos:

[11] El proyecto Cityhome estuvo activo de enero de 2011 a diciembre de 2016, pero su página web aún puede consultarse en https://media.mit.edu/projects/OLD_cityhome2/overview/ (Accedido por última vez el 26 de diciembre de 2023).

[12] Sin embargo, la similitud acababa en el ámbito tecnológico, y no se hizo extensiva al ámbito de la gobernanza ya que, al contrario de lo que ocurre en el mundo del código abierto y el *software* libre, la gestión de los dispositivos tecnológicos estaba concebida de modo centralizado y ciertamente opaco (Sarasa, 2020).

- en nuestra **percepción visual** del entorno, que se difumina por efecto de la burbuja que creamos a nuestro alrededor cuando fijamos nuestra atención en el móvil. Junto a ello, nuestra atención se concentra sobre elementos señaléticos a nivel de suelo, mientras que otros elementos, como fachadas, monumentos, o mobiliario urbano se desdibujan en nuestra mente.
- junto a la reducción de nuestro campo visual, otros sentidos ganan importancia. Las **sensaciones ambientales**, como sonidos, tacto y olores entran en juego con más fuerza. El usuario de móvil, está, por un lado, más desprotegido (al haber fijado su atención en el dispositivo). Buscará entornos más silenciosos, preferirá estar cerca de paredes o elementos protectores para evitar ser empujado y, en general, tendrá tendencia a valorar el conjunto de las condiciones ambientales como haría una persona privada de su agudeza visual.
- lo anterior, ya hemos visto, condiciona en la manera en que utilizamos el espacio público cuando estamos con el móvil. Junto a ello, la sensación de **seguridad** que nos proporciona el dispositivo -a través de aplicaciones de geolocalización o de conexión permanente con otras personas- puede hacer que extendamos el uso de espacios públicos. Por ejemplo, a la hora de hacer deporte en solitario a ciertas horas y por ciertos espacios. También sucede que, gracias a las herramientas de navegación podemos aventurarnos por calles o zonas desconocidas.
- **Comportamientos en público propios de la esfera privada**. De la observación facial de los usuarios de móvil podemos deducir una cierta exageración de los sentimientos provocados por esa conexión remota con otras personas y esa sensación de burbuja. Cada vez más personas encienden su propia cámara del móvil en el espacio público. Las videollamadas exacerban todavía más la componente sentimental, de manera que todo ello produce una especie de traslación al espacio público de expresiones y sentimientos antes reservados para el ámbito privado.
- finalmente, a nadie se le escapa que la individualización que comporta el uso de dispositivos digitales modifica las reglas de **sociabilidad** en el espacio público.

Así las cosas, parece razonable re-considerar la **calidad urbana** a la luz de estos cambios. Una calidad que no parece poder definirse sin incluir al sujeto y a la manera en que éste experimenta el espacio público. La calidad de dicho espacio estará, pues, íntimamente relacionada con la apreciación de los potenciales usuarios, y dado que éstos perciben el espacio urbano también a través del *smartphone*, habrá de tener en cuenta cómo este dispositivo influye y distorsiona la componente emocional y sensorial del usuario.

Es preciso considerar, por tanto, la influencia del *smartphone* **como dispositivo de mediación en el diseño urbano**. De la misma manera que el diseño urbano del último siglo no ha podido sustraerse a la poderosa influencia de dos elementos clave de mediación como la fotografía[13] y el automóvil,[14] cabe preguntarse si, dado que gran parte de la ciudad es hoy en día percibida gracias a los dispositivos digitales -principalmente el *smartphone*- y los servicios y *apps* que éste nos proporciona -como redes sociales, herramientas de valoración de espacios y establecimientos, cartografía y navegación, entre otros-, cuál es la huella que este nuevo poder de mediación va a dejar en el espacio construido.

Los elementos que pueblan el **espacio público digital** son cada vez más abundantes: "superficies digitales" (mupis, cartelería digital, fachadas media, etc), elementos de control ambiental que inciden sobre la luz, la temperatura o el sonido, o de las apps que las ciudades ponen en manos de sus ciudadanos y que dan acceso a servicios de movilidad, cultura, ocio, o comercio, por ejemplo. En este sentido, es interesante analizar los elementos anteriores, como señalan Bailly y Marchand, a la luz de las propiedades de un lugar para facilitar el conjunto total de sus usos, o *affordances* (Gibson, 1977).[15] Podemos libremente traducir *affordances* por "grados de libertad", los cuales dan idea de las propiedades de un lugar para facilitar el conjunto total de sus usos. O, en términos más rigurosos, estaríamos hablando de los "recursos ecológicos de un cierto lugar desde un punto de vista funcional" (Uzzel y Moser, 2006). Parece claro que los elementos digitales en el espacio público pueden permitir nuevos usos de éste y abrir nuevos grados de libertad para las personas usuarias.

[4.1.4] El ejemplo de la Milla Digital

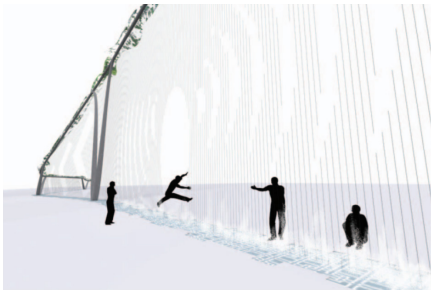
Un caso paradigmático de elementos digitales concebidos para abrir nuevos grados de libertad a la ciudadanía lo encontramos en el estudio del MIT para crear un nuevo espacio público digital en el distrito de innovación de la Milla Digital en Zaragoza. Según este estudio "los espacios digitales servirán como apoyo a las diferentes actividades y fomentarán la relación entre personas y los espacios públicos (...)". La propuesta de diseño urbano digital para la Milla Digital incluía "**cortinas de agua y luces sensibles** a la presencia humana, **fachadas LED** que incorporan una pantalla de visualización digital para contenidos artísticos, **toldos dinámicos robotizados** capaces de proporcionar sombra y modificar los espacios a lo largo del contorno de un edificio, o **pavimento 'con memoria'** capaz de reflejar pautas de uso y las 'pantallas de agua' sensibles." Todos estos elementos superpuestos crearían "un nuevo tipo de espacio que será a la vez personal y público" (Frenchman y Mitchell, 2006) con la particularidad de poseer interfaces programables.

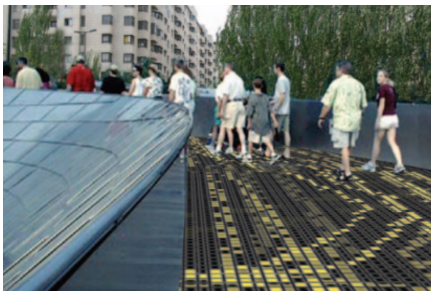
La instalación de **sensores y actuadores** en el espacio público digital permite su programación para su respuesta dinámica ante ciertos eventos. Por ejemplo, una de esas pantallas de agua fue el Pabellón del Agua Digital (*Digital Water Pavilion*). Dicho pabellón, obra de Carlo Ratti para Exposición Universal de Zaragoza 2008, poseía 3.600 válvulas de agua formando una pared perimetral de varios metros de altura

[13] A través de su poderosa influencia de mediación, la fotografía ha condicionado el diseño de la ciudad en el último siglo y medio, hasta el punto de que "nuestro conocimiento de la arquitectura moderna y la mediación (...) de los fotógrafos se han hecho inseparables" (Solá-Morales, 1996).

[14] El diseño urbano ha estado influenciado a partir de la segunda mitad del siglo XX por otro potente dispositivo de mediación: el automóvil (Venturi, Scott-Brown e Izenour, 1977). Carteles publicitarios, ornamentos, tamaños de manzana, son productos visibles del influjo que la percepción visual desde un automóvil circulando a elevada velocidad ha tenido en nuestro espacio urbano. Más recientemente, hemos visto cómo la publicidad en los túneles de metro -por ejemplo, en Madrid- adapta sus textos e imágenes a la velocidad de los convoyes.

[15] Se considera a Gibson el padre de la teoría ecológica de la percepción visual que postula que sujeto y contorno constituyen un conjunto indivisible y que, de acuerdo también con el cognitivismo de Piaget, sugiere que la percepción y la acción son indisolubles.





[figura 4.3]

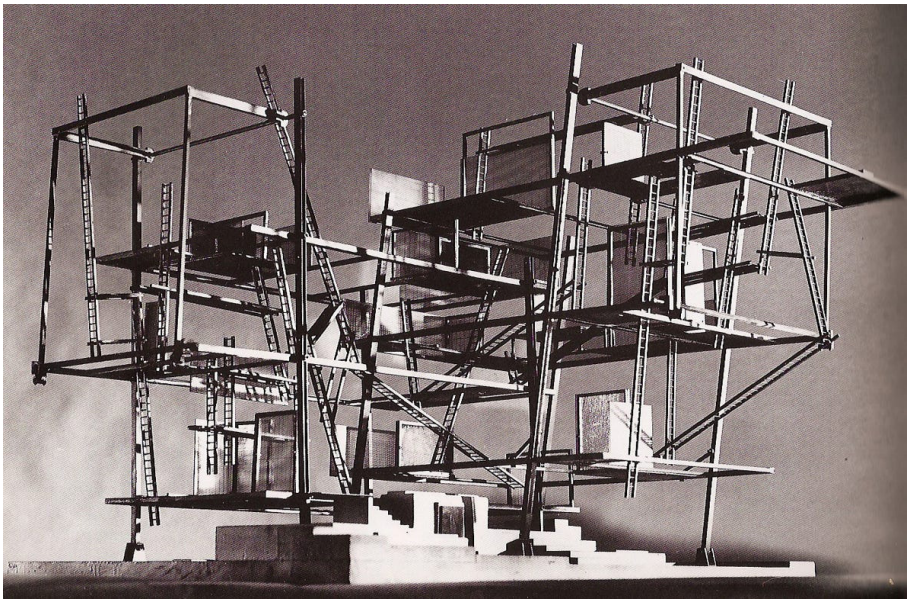
Ejemplos de proyecto de diseño de espacio público digital en el proyecto de la Milla Digital de Zaragoza. De izda. a dcha. y de abajo a arriba

a) Diseño de cortina de agua que responde al paso de personas,

b) Detalle de uno de los muros de agua del Pabellón del Agua Digital (DWP) diseñado por Carlo Ratti para Zaragoza,

c) Diseño de "pavimento con memoria". (Frenchman y Rojas, 2006), y

d) Instalación "Dancing building" sobre la fachada de Etopia Centro de Arte y Tecnología, de Néstor Lizalde, para el Festival Internacional de Danza Trayectos. (Fuente: nestorlizalde.com).



[figura 4.4]

Una de las maquetas de la 'Nueva Babilonia', el modelo de ciudad diseñado por Constant para esbozar una posible materialización de los postulados urbanísticos situacionistas

alrededor del edificio capaz de representar patrones gráficos -frases y dibujos- programados por la ciudadanía -incluidos los niños- mediante un sencillo interfaz programado en código abierto. Además, el edificio venía equipado con sensores de presencia programados para cortar los chorros de agua al detectar la proximidad de personas o animales, que podían franquear de esta manera la cortina de agua y acceder al fresco interior. De esta manera la ciudadanía podía utilizarlo para bajar la temperatura de los calurosos veranos zaragozanos a la vez que servía para enseñar a los niños y niñas a programar utilizando circuitería electrónica de código abierto como Arduino.[16]

Otro de los elementos importantes del nuevo espacio público digital lo constituyen los **nuevos *displays***, como las fachadas *media* ideadas por el MIT para el distrito Milla Digital y que cubren dos fachadas de una de las emergencias de "Etopia". Aunque originalmente concebida con fines expositivos -unidireccionales-, la fachada media el artista y *hacker* local Néstor Lizalde fue capaz de conectar sensores de vibraciones al metacrilato que envuelve la fachada. Gracias a estos sensores, una compañía de danza -participante en el Festival de Danza Internacional Trayectos celebrado en la ciudad-, pudo diseñar una coreografía en la que la fachada mostraba contenidos dinámicamente en función de los golpes que los bailarines daban en ella, dando vida a un ingenioso interfaz para ese gran *display* digital visible a varios kilómetros de distancia.[17]

Tecnologías más recientes, como la **realidad aumentada y la realidad virtual**, permiten ir un paso más allá al abrir nuevos grados de personalización del espacio público. La realidad aumentada a través de dispositivos móviles muestra una visión individualizada de capas del espacio público no visibles a simple vista, mientras que la realidad virtual, por su parte, abre una ventana a un espacio público enteramente desconectado del mundo físico. Combinada con sensores embebidos en la ropa o conectados a nuestro cuerpo a través de los llamados *wearables*, la realidad virtual puede utilizarse para crear nuevos escenarios urbanos en los que experimentar las reacciones psicológicas del sujeto a diversas posibilidades o a través de los cuales conocer mejor cómo se toman decisiones de navegación o de compra.

Del situacionismo se criticó su escaso sentido práctico. Constant, creador de la Nueva Babilonia [figura 4.4], apenas pudo construir otra cosa que maquetas de un proyecto para cuya construcción el situacionismo hubiese necesitado de unos medios y una organización de los que carecían (Marelli, 1998). Sin embargo, hoy la Nueva Babilonia podría construirse en un espacio digital desacoplado del mundo físico, y experimentar así con sus distintas versiones y posibilidades. Gracias a las tecnologías de creación de escenarios digitales -realidad aumentada, realidad virtual y el metaverso- y a tecnologías inmersivas ampliamente disponibles -como las **gafas Oculus** de la empresa Meta, la **consola Kinect** de Microsoft o la popular **Wii**- pueden hoy construirse escenarios urbanos virtuales en los que plantear experimentos psicogeográficos.

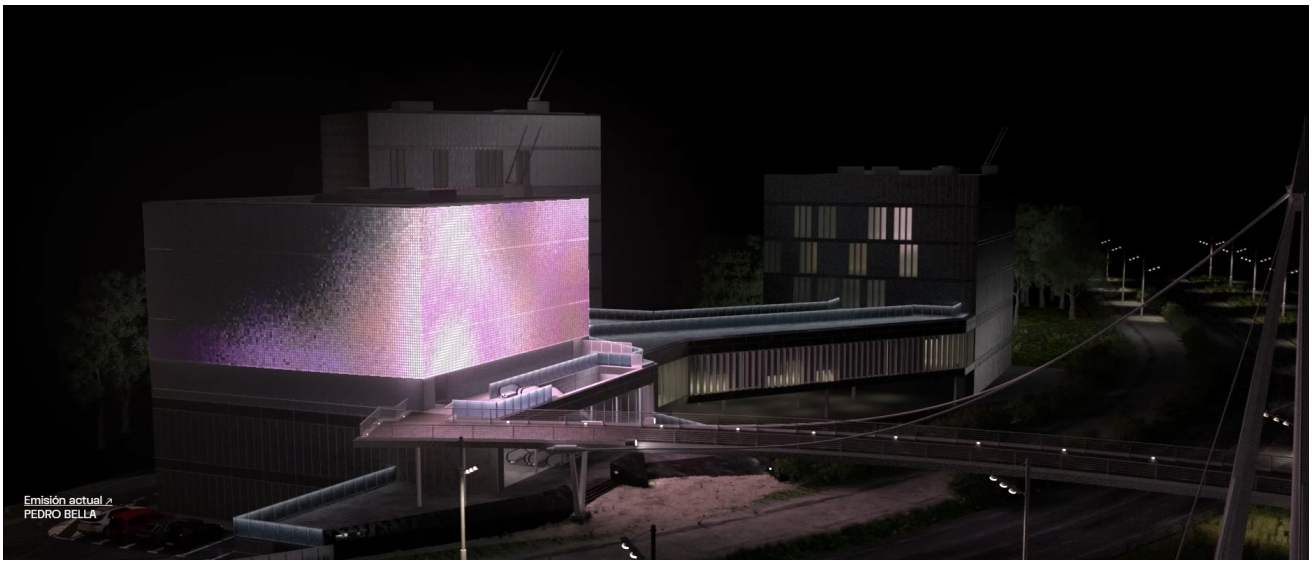
[16] Arduino es una plataforma de creación de prototipos electrónicos de código abierto que permite a los usuarios crear objetos electrónicos interactivos. (Fuente: arduino.cc, consultado el 13 de marzo de 2021)

[17] Como explica el propio artista Néstor Lizalde, "*Dancing building* es una performance que aúna danza y tecnología en un espectáculo de escala arquitectónica. El grupo (...) (interactúa) con su fachada led que responde con formas electrónicas al contacto con su superficie. La obra (...) se ha realizado mediante la colocación de una serie de sensores de vibración en los vidrios que forman una de las fachadas del edificio. Estos sensores son escuchados por un sistema audiovisual programado para interpretar los inputs generando formas gráficas y sonido a través de osciladores computerizados. El resultado es una acción experimental que se enmarca dentro del laboratorio de danza y nuevos medios del Festival Trayectos, danza en paisajes urbanos." (Fuente: http://www.nestorlizalde.com/index.php?/works/dancing-building/) Consultado el 22 de Agosto de 2023.

De hecho, uno de los últimos desarrollos en “Etopia Centro de Arte y Tecnología” ha sido la puesta en marcha de su “Sala Virtual”, un interfaz -también obra de Néstor Lizalde- que recrea la popular fachada media del centro, esta vez en un entorno virtual personalizado -análogo al metaverso-. En la “Sala Virtual” cada espectador puede elegir proyectar su propia selección personalizada de entre un amplio catálogo de casi 200 obras artísticas digitales creadas ad-hoc [figura 4.5].

[figura 4.5]

Sala virtual de Etopia, en la que se recrea el exterior del edificio digitalmente y que permite la proyección individualizada de buena parte de la obra producida durante los últimos años para su fachada media. Fuente https://salavirtual.etopia.es/ (accedido el 1 de abril de 2022)



[4.2] LA REPRESENTACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ESPACIO PSICOLÓGICO

Muchos de los ejemplos psicogeográficos contenidos en los apartados anteriores son fruto de investigaciones realizadas en laboratorios pertenecientes a instituciones académicas, centros de investigación o empresas. Gracias a ellos se ha desarrollado a lo largo de las últimas décadas la ciencia para conocer los patrones de comportamiento de los habitantes de las ciudades, así como sus preferencias en relación al espacio público. Ahora bien, el avance experimental psicogeográfico en dichos laboratorios requiere de recursos específicos tanto tecnológicos como de personal investigador.

Ejemplos de esos recursos son los simuladores, *software* y dispositivos de realidad virtual -como gafas, pantallas y entornos inmersivos- o avanzados sistemas de sensorización de los parámetros fisiológicos -como sudor, frecuencia cardiaca, movimientos oculares, niveles de cortisol, o actividad cerebral- de las personas participantes en los experimentos para así poder registrar su respuesta psicológica ante los estímulos. Y, aunque es cierto que el coste de toda esa tecnología ha ido descendiendo progresivamente e incluso parece ser posible poner en marcha un laboratorio de manera relativamente económica (Ellard, 2015), la capacidad para hacer buen uso de tal despliegue dista de ser un asunto trivial. Debido a ello, no se puede asumir todavía la extensión a los laboratorios urbanos de este tipo de sistemas.

La anterior situación plantea el **problema de la transferencia de una ciencia** que parece madura, pero que sin embargo no acaba de conectar con la planificación y el diseño urbano de los cuales las administraciones públicas son responsables (Sevtsuk, 2020). Para tratar de mitigar en lo posible ese problema de transferencia, en las próximas secciones se muestran algunos ejemplos, principios y herramientas relativamente sencillos y de bajo coste que permitan, haciendo uso de los laboratorios urbanos, transferir dicha ciencia a la praxis del diseño de soluciones innovadoras para espacios, servicios e infraestructuras públicas.

[4.2.1] Una aproximación *low-tech* a la perspectiva del usuario

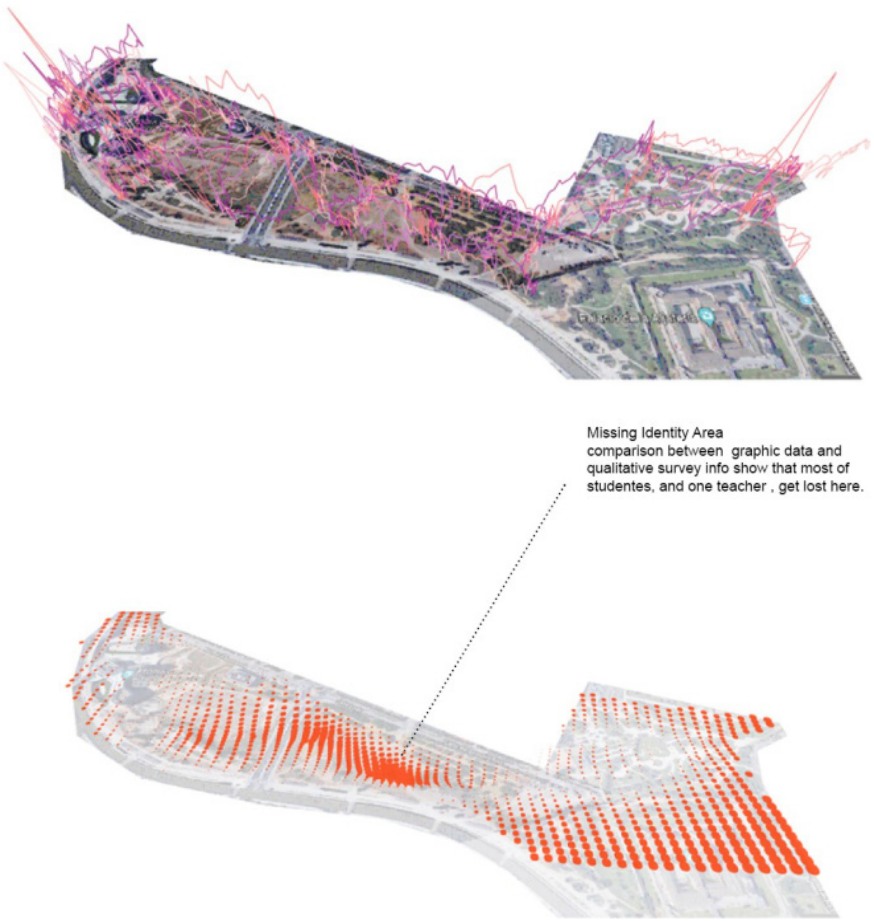
El pensamiento *lean start-up* hace un singular énfasis en los procesos por delante de la tecnología, aconsejando el uso de la mínima tecnología para llevar a cabo los mínimos productos viables. Ello implica incidir en la **reingeniería de procesos y del pensamiento** creativo entre múltiples agentes, y por ello es frecuente que las etapas tempranas de este tipo de proyectos comiencen con sesiones de creatividad que incluyen dinámicas de co-creación y co-diseño. En general, esta aproximación a la innovación usando la mínima tecnología tiene un objetivo de sostenibilidad económica. Si se consigue que algo funcione, aunque sea de manera subóptima, sin tecnología y con la mínima inversión en recursos, entonces la adición de tecnología en etapas posteriores tiene más posibilidades de resultar una inversión eficaz.

Koolhaas, de quien ya hemos señalado anteriormente su apuesta por el re-diseño del "espacio psicológico" como tarea principal para caminar hacia un "nuevo urbanismo", ejemplifica de manera práctica este principio general: en el proyecto de OMA para el campus del Instituto Tecnológico de Illinois (2009) se analizaron las "líneas o caminos de deseo" -*desire lines* o *desire paths*- que los estudiantes trazaban en el campus, y se mantuvieron estas diagonales en el diseño final. Las "líneas de deseo" sobre la hierba o la nieve pueden constituir una interesante pista para el diseño de un espacio público destinado a potenciar el uso futuro sostenible del espacio público a partir de la observación de la actividad ya pre-existente (Furman, 2012). Aplicaciones populares como Wikiloc o Strava consiguen recopilar "**líneas de deseo digitales**" a base de la compilación de las trayectorias de los *smartphones*, cuya aplicación ha sido propuesta, por ejemplo, en la conservación de elementos naturales y para identificar lugares con actividad humana en espacios protegidos del territorio (Serrano, Nolasco y Martí, 2020).

Aplicando este mismo principio, en el Laboratorio Urbano Abierto de Zaragoza -u Open Urban Lab- se realizó un interesante experimento que trataba de incorporar el concepto de mapa mental colectivo al diseño de un espacio público como el proyectado parque alrededor del edificio Etopia Centro de Arte y Tecnología de Zaragoza, dentro de la llamada "Milla Digital" (Monaco, 2018). Para ello, se ideó una actividad basada en el **deporte de orientación**. Se equipó a varios grupos de alumnos adolescentes de un instituto de la ciudad con un teléfono móvil y un *software* gratuito de trazado de rutas, y se les pidió que recorrieran el parque con varios objetivos:

- recorrer a pie los itinerarios entre una serie de balizas colocadas a lo largo y ancho del parque y de los viales adyacentes (p.e. una fuente y un centro de salud, o Etopia y un cruce al otro lado del parque)
- tomar una fotografía en un lugar inspirador para ellos
- tomar el almuerzo en un lugar en el que se sintieran a gusto para disfrutar de un merecido almuerzo con los compañeros
- finalmente, a algunos de ellos se les pidió que tiraran de un carro de la compra para simular un desplazamiento con necesidades de movilidad especiales.

Aunque realizado con evidentes limitaciones, el taller resultó una valiosa experiencia metodológica para la obtención de información "a escala humana" en el futuro diseño del parque. Además de las líneas de deseo digitales, permitió representar las zonas que los adolescentes consideraban más confortables o con vistas más agradables, así como aquellas donde se desorientaban con más frecuencia (Monaco, 2020). El conjunto constituye un primer boceto de **mapa mental colectivo digital**. En este sentido, un diseño posterior del parque podría, por ejemplo, considerar la colocación de un elemento distintivo en dicha parte central para facilitar la orientación del paseante.



[figura 4.6]

Mapas de recorridos de la experiencia llevada a cabo en el entorno de Etopia (Milla Digital) por Lina Mónaco con ayuda del equipo del Open Urban Lab de Etopia (autor y Ana Jiménez) y la participación de dos grupos de escolares del I.E.S. Pablo Serrano con su profesor Pedro Villar. Arriba, registro en bruto de recorridos de los participantes. Abajo, mapa de la identidad del espacio, donde las zonas de alta densidad naranja muestran problemas de desorientación (falta de identidad visual), y las 3 zonas de baja densidad corresponden con lugares altamente identificables, correspondiendo a hitos o *landmarks* -en terminología de Lynch-. Uno de ellos corresponde a un edificio singular como Etopia (izquierda del mapa) y el otro al kiosko de música del Parque de la Aljafería (derecha, arriba). La actividad, llamada "Orient_ARTE en la Milla Digital", puede consultarse en la web del Open Urban Lab: https://openurbanlab.com/2018/02/03/orient_arte-en-la-milla-digital/ (Accedido el 15 de enero de 2021)

En la tarea de ayudar a desarrollar una mayor conciencia del entorno urbano el trabajo con niños y adolescentes se revela crucial, ya que es en esas etapas formativas donde se desarrollan las capacidades cognitivas espaciales.[18] Aunque la adaptación de actividades como el deporte de orientación -combinado con la analítica y representación de datos- puede aportar una perspectiva novedosa a las fases iniciales del proyecto de diseño, proyectos *low-tech* como los "Caminos escolares",[19] también llamados en algunos lugares "pedibuses", en los que padres y madres se auto-organizan con la comunidad educativa y con los ayuntamientos para que sus hijos vayan al colegio a pie o en bicicleta de forma segura, ayudan en la configuración del mapa mental individual de los más pequeños.[20]

[4.2.2] Construcción de la imagen mental colectiva

Los situacionistas no avanzaron prácticamente en la puesta en práctica de sus visionarias teorías sobre la creación de ambientes psicogeográficos (Marelli, 1998), pero la dirección en la que apuntaron, la de proporcionar un mayor protagonismo a la percepción de la ciudad y de sus ambientes por parte del individuo como primer paso para modificar éstos, no tardó en ser complementada desde la óptica alternativa del **mapa cognitivo** originalmente propuesto por Tolman (1948). La importancia de esta herramienta para el diseño urbano radica en la valiosa información que contienen acerca de las capas social y ambiental del entorno (Kitchin, 1994). Conocer la representación mental de los lugares es un primer paso para su mejora.

"*The image of the City*" (Lynch, 1960) contiene probablemente el primer intento de **agregación de mapas cognitivos individuales** en un mapa mental colectivo. Apoyado en la teoría perceptiva de la Gestalt[21] -la cual resalta por encima de todo la perspectiva visual y la importancia del contexto en la manera que las personas percibimos los objetos- Lynch trató de plasmar gráficamente el mapa mental[22] del ciudadano medio según la propia interpretación de éste. Para ello Lynch y su equipo indagaron en nuestra percepción mental de la ciudad extraída a través de un método de entrevistas -cuyas respuestas combinaban lenguaje y dibujo- y paseos por la ciudad en los que los participantes debían elegir la ruta entre dos lugares bien conocidos, explicando las decisiones tomadas y valorando en qué lugares sentían confianza o, por el contrario, se encontraban perdidos o percibían riesgo.

Mediante su estudio Lynch pretendía trasladar la imagen mental colectiva de la ciudad desde el cerebro al papel, realizando para ello una especie de media estadística aplicada a la forma de la ciudad, si es que tal ejercicio es posible. De esta manera se puede obtener una primera aproximación a la medición del éxito o el fracaso del arquitecto paisajista y/o urbanista. Argumenta Lynch que, si orientarse es una de las habilidades básicas para la supervivencia, entonces un paisaje urbano que permita una buena orientación favorecerá su uso y, por ende, su vitalidad. La legibilidad del entorno urbano se articula a partir de un esqueleto de cinco elementos básicos: nodos, bordes, caminos, distritos e hitos. A partir de ellos, nuestros sucesivos desplazamientos por la ciudad van fijando en nuestra mente una información espacial cada vez más completa

[18] Al parecer, los niños que van al colegio en coche tienen más dificultades para orientarse, algo que en ciudades poco densas como Londres supone un fenómeno más frecuente que en España. En Madrid y Barcelona, por ejemplo, la mayor densidad urbana hace que la distancia que los niños han de recorrer entre su colegio y su domicilio sea la mitad que la de los niños londinenses. Eso, además de incidir en la formación de la capacidad de navegación, tiene implicaciones positivas en su esfera social (Romanillos, 2021, pp. 23:40)

[19] Consúltese, por ejemplo, https://www.zaragoza.es/ciudad/caminoescolar/que.htm (accedido el 2 de junio de 2021)

[20] Muchos de estos proyectos se apoyan, además, en el comercio local, frente a cuyos establecimientos se sitúan "paradas" virtuales del "autobús" peatonal o ciclista que los niños forman de camino al colegio. Se establece, de esta manera, un nuevo vínculo a nivel de barrio entre comerciantes, niños y la comunidad educativa.

[21] La influencia de la Gestalt se plasmó posteriormente en la obra de Lynch "Good city form" (1984), cuyos preceptos de diseño se apoyan en conceptos como la "ley de la proximidad", que sugiere que todo lo cercano posee un cierto sentido de unidad perceptiva, o la "ley de la semejanza", que establece que cuando varios objetos poseen características visuales similares nuestro cerebro les da sentido unitario -por ejemplo, cuando mentalmente asociamos un barrio a un conjunto de casas de tipología similar-. Valores visuales como la "continuidad" o la sensación de "cerramiento" -*closedness*- también están presentes en la concepción de la "buena" forma urbana propugnada por Lynch.

[22] Un mapa mental se define como "una construcción teórica no observable en su repositorio original – el cerebro humano. Sólo es accesible al escrutinio cuando se plasma a través de actos de comportamiento, orales, o gráficos. (Götz y Holmén, 2021).

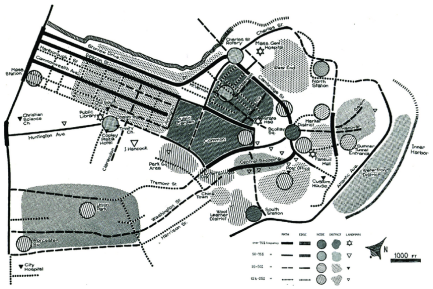
(Hannes et al, 2010). En la práctica, la obra de Lynch supuso el inicio de un nuevo campo de trabajo y de estudio, el de la aplicación de la geografía de la percepción y del comportamiento al diseño urbano. Como todo principio, el valor de la obra radica en su carácter pionero más que en la perfección de una metodología cuyas limitaciones, por otra parte, fueron anticipadas por el propio Lynch:

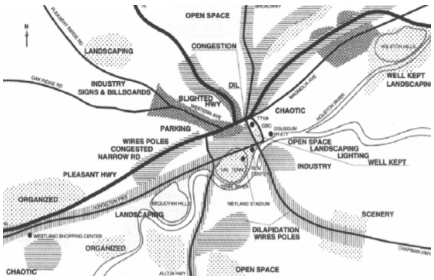
- La barrera que para muchas personas supone el dibujar fielmente lo que hay en su mente. Trasladar la imagen mental al papel no es siempre fácil, y depende de las habilidades pictóricas de cada cual,
- el problema de seleccionar una muestra suficientemente grande para que los diferentes grupos socio-demográficos estén correctamente representados, dado que el método de las entrevistas es costoso en tiempo y difícilmente escalable,
- el obstáculo de carácter psicológico resultante de la diferencia entre la imagen que recordamos al dibujar el mapa y la imagen que usamos para "navegar" a través del terreno. Por ejemplo, cuando en un cruce hay que decidir qué dirección tomar. Tenemos muchos más elementos de la ciudad en la cabeza de los que recordamos, por lo que ese mapa que dibujemos sobre lo recordado será siempre un subconjunto pequeño de las muchas cosas que sabemos de la ciudad,
- finalmente, la dificultad para capturar las interrelaciones entre elementos de la ciudad, así como de obtener una imagen dinámica que capture los cambios en la imagen de la ciudad en función del tiempo (los mapas producidos a través del método de Lynch son estáticos).

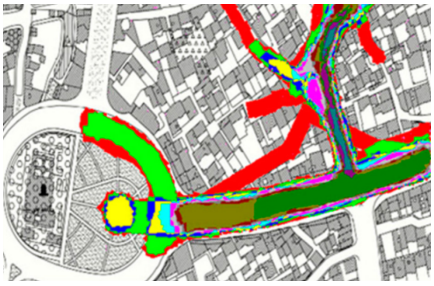
El uso de los mapas mentales en el diseño de servicios e infraestructuras urbanas en los años posteriores ha tratado de sortear algunas de las limitaciones señaladas por Lynch. Por ejemplo, simplificando la representación geográfica del mapa. En lugar de aspirar a plasmar un mapa topográfico complejo como el de Lynch, se han propuesto los **mapas mentales "evaluativos"**, conteniendo los gustos y preferencias de la ciudadanía en relación a sus actividades en los distintos lugares urbanos (Nasar, 1990).[23]

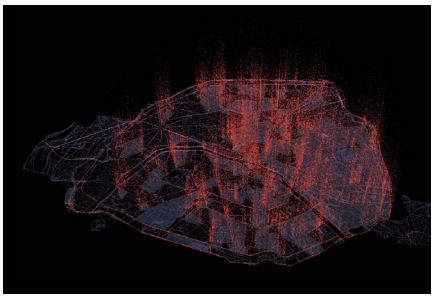
Partiendo de los primeros estudios para traducir la percepción compleja a parámetros numéricos (Appleyard, 1970), otra vía de progreso para incorporar de manera sistemática los mapas mentales al proyecto de diseño consiste en transformar su dimensión cualitativa en información cuantitativa, lo que abre la puerta a la construcción de mapas **mentales colectivos computerizados** mediante *software* como el que ha producido la cartografía de la [figura 4.7.c]. No obstante, si bien estos algoritmos solucionan el problema del dibujo -al referir los mapas subjetivos al mapa topográfico real-, no consiguen evitar el cuello de botella del tamaño de la muestra (se siguen necesitando entrevistas individuales), ni captan fácilmente la evolución de la imagen mental en el tiempo. Tampoco son capaces de capturar nuestro mapa mental inconsciente -el que usamos para la navegación en tiempo real- ni permiten construir cartografías mentales dinámicas, puesto que el cuello de botella de las entrevistas sigue existiendo.

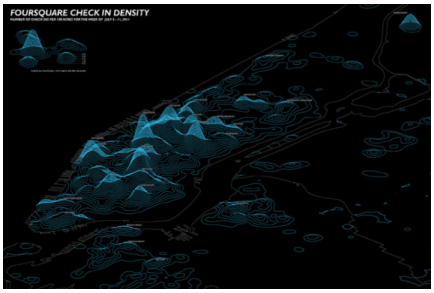
[23] Esta simplificación, junto a la supresión de los paseos en un método que primaba las entrevistas tanto personales como telefónicas, permitieron aumentar la muestra de participantes en un orden de magnitud, y así conocer las preferencias ciudadanas en una muestra del orden de centenares de sujetos. Aplicados al caso de las ciudades de Knoxville y Chatanooga (Tennessee), los mapas mentales así obtenidos obtenidos constituían -en la época y para las ciudades objeto del estudio- una base válida para incorporar la perspectiva ciudadana acerca de ciertos aspectos visuales de la ciudad en el planeamiento urbanístico.

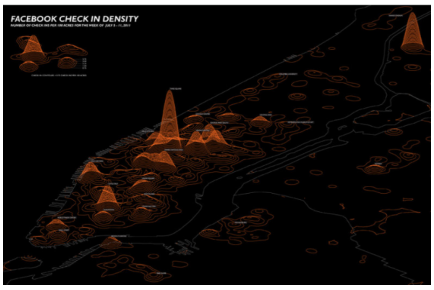












[figura 4.7]

Evolución de las técnicas de construcción de mapas mentales colectivos para su uso en diseño urbano.

a) Mapa de Boston según aparece en The Image of the City (Lynch, 1960).

b) Mapa evaluativo de Nasar para la ciudad de Knoxville (1990).

c) Mapa cuantitativo realizado por el algoritmo AMMA (Aram et al. 2019).

d) Mapa de preferencia de usuarios en las llamadas “zonas lentas” de París a partir de datos de twitter. (Fuente Senseable City Lab / MIT https://senseable.mit.edu/slow-zones/)

e) Mapa de densidad de uso de locales en Manhattan a partir de datos de Foursquare.

f) Mapa de densidad de actividad en Manhattan a partir de datos de Facebook. https://www.flickr.com/photos/spatialinformationdesignlab/albums/72157629308773134/with/7021050867

Ahora que algunos de los límites que persisten pueden ser ya superados gracias al empleo de técnicas digitales, vale la pena profundizar en la exploración de dichas técnicas -como la computación, la sensorización, el *big data*, la cartografía dinámica o el análisis de sentimientos (*sentiment analysis*)-[24] y las nuevas posibilidades que abren. Ahora bien, probablemente sea preciso hacerse a la idea de que la construcción de los mapas mentales colectivos y dinámicos, capaces de captar las preferencias de los usuarios del espacio y los servicios públicos en multitud de aspectos, exige acostumbrarnos a procesar cartografías alternativas al plano euclídeo bi-dimensional.

Sugerimos que el trabajo con dichas cartografías -menos intuitivas para la lectura de la ciudad- conllevará, al menos, tres posibles adaptaciones en la praxis del diseño urbano:

- Por un lado, exigirá un nivel superior de **abstracción mental** en el proceso de diseño
- Abrirán -aún más- la posibilidad de **incorporar la algorítmica** al proceso, ya que constituyen la entrada o materia prima de nuevos algoritmos capaces de generar, a partir de ellas, soluciones al problema de diseño.
- Dará cabida a una mayor participación de los perfiles artísticos, por la vía de la **visualización creativa** del *big data* urbano, en el proyecto de diseño.

[4.2.3] Tipos y aplicaciones de los mapas mentales

Cuando de diseñar el espacio público comercial se trata, es importante tener en cuenta la movilidad, ya que existen múltiples dependencias entre ésta y el comercio en una ciudad. Los comercios necesitan accesibilidad en un cierto radio de alcance para servir a sus potenciales clientes, y dicho radio varía en función del tipo de comercio (Sevtsuk, 2020).[25] La otra variable en juego es el tiempo medio máximo que una persona está dispuesta a pasar en el trayecto para hacer una compra. Aunque este tiempo es mayor para comercios de "alto rango" -como los de materiales de jardín- que para los de "bajo rango" -como panaderías o bares-, toda persona tiene un límite en cuanto al tiempo que está dispuesta a invertir en sus viajes para las rutinas diarias como la ida y vuelta a un comercio (Yang y Diez-Roux, 2012).

Hay que tener en cuenta asimismo que, para una determinada zona, el coste del desplazamiento es un factor clave en la densidad comercial. Si el coste de desplazamiento hacia una determinada zona comercial es alto, los comercios tenderán a agruparse para minimizar los desplazamientos entre unos y otros, como ocurre en los centros comerciales. Por otra parte, las zonas en que los desplazamientos a pie, en bicicleta o en transporte colectivo tienen una cuota alta en su mix de movilidad, tienden a incrementar su densidad comercial (Sevtsuk, 2020). Aunque en una sección posterior se analizarán qué tipo de indicadores específicos relacionan pequeño comercio y movilidad, base por ahora decir que un diseño urbano que potencie aceras de calidad, carriles bici bien señalizados y cruces amigables y seguros entre calles puede ser una herramienta muy eficaz de promoción del comercio de proximidad.

[24] El análisis de sentimientos es técnica de procesamiento de lenguaje natural que "identifica el tono emocional que subyace en un cuerpo de texto". A nivel tecnológico, conlleva el uso "de la minería de datos, el aprendizaje automático, la inteligencia artificial y la lingüística computacional para extraer del texto sentimientos e información subjetiva". (Barney, 2023).

[25] Por ejemplo, en una ciudad media estadounidense se necesitan sólo 445 personas alrededor de un restaurante o de un bar para asegurar que este sea viable, mientras que ese número aumenta a 5.000 personas en el caso de una joyería, 12.000 en el de las librerías y 16.000 en el caso de materiales y equipos de jardín (Sevtsuk, 2020)

Una vez establecida la relación entre el diseño de las políticas de apoyo a comercio de proximidad y la movilidad, es preciso recordar que la movilidad urbana es el resultado de millones de micro-decisiones individuales (Jacobs, 1970). Decisiones que involucran tanto procesos reflexivos como irreflexivos y que, por tanto, utilizan tanto el mapa mental consciente -que recordamos a voluntad- como el inconsciente. Más específicamente, en relación a la movilidad parecen existir al menos cuatro tipos de decisiones claves influidas por los mapas mentales (Cadwallader, 1976) (Garling et al., 1985, pp. 141-184):

- el establecimiento de la ruta de llegada hasta nuestro emplazamiento actual
- la decisión de permanecer o de abandonar el lugar
- la decisión sobre nuestro próximo destino
- la composición de la ruta a tomar

Así pues, el conocimiento espacial que una persona tenga de su entorno será determinante en sus decisiones sobre la movilidad. Pero no hay que olvidar que nuestro mapa mental de la ciudad nos proporciona sólo un conocimiento espacial de base, y por tanto incompleto y sesgado. Pensemos, por ejemplo, en la primera vez que acudimos a un nuevo centro de trabajo. Nuestro mapa mental del espacio entre nuestra casa y la empresa, aún impreciso, se irá poco a poco completando con las experiencias de viaje diarias, hasta afinar ese mapa cognitivo de la zona urbana implicada en nuestro itinerario que será, a su vez, una importante herramienta en la toma de decisiones sobre nuestra movilidad diaria.

Si en la sección 4.2.1 mostramos cómo los mapas mentales generados a través de herramientas digitales pueden usarse para el **diseño de parques**, detallamos a continuación una **segunda aplicación** relacionada con la **caracterización de la movilidad urbana.** En efecto, para conocer las preferencias de desplazamiento de la ciudadanía, es habitual realizar encuestas de movilidad, una práctica en la que se basan los Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) -herramientas fundamentales en la planificación de la movilidad urbana-. Sin embargo, las encuestas puntuales -a menudo realizadas cada varios años-, no captan correctamente los cambios en el comportamiento de los usuarios y, consiguientemente, son subóptimas para el adecuado diseño de los servicios de movilidad urbana (Ortúzar et al., 2010). En lo que, de facto, supone la superación en el ámbito de la movilidad del cuarto límite de los enunciados por Lynch -el de la variabilidad-, Ortúzar et al. proponen que las administraciones responsables de la movilidad constituyan paneles permanentes de usuarios capaces de proveer datos de movilidad las 24 horas del día, a lo largo de varios años.

En la práctica, el mercado y la sociedad civil han superado ya estas propuestas. Determinados modelos de zapatillas de deporte, como los de la empresa Nike, llevan sensores embebidos en el calzado que, mediante la geolocalización, proporcionan a la empresa mapas colectivos de los lugares que los clientes utilizan para correr [figura 4.8.a]. La popular aplicación de entrenamiento Strava -usada por millones de cicloturistas alrededor del mundo- proporciona mapas colectivos de recorridos populares

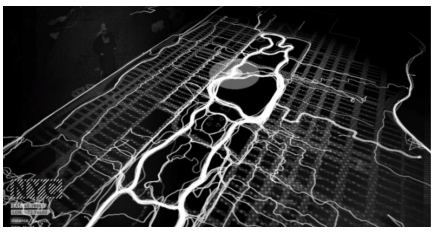
que -dado que los datos incluyen variables fisiológicas como el gasto calórico y la frecuencia cardiaca junto con la velocidad y la cadencia de pedaleo- permiten inferir una rica información sobre las preferencias colectivas en bicicleta [figura 4.8.b]. La plataforma de movilidad compartida no solo produce también interesantes cartografías de la movilidad urbana [figura 4.8.c], sino que ha desarrollado su propio sistema de representación de datos -Kepler- abierto para que cualquier desarrollador realice sus propias visualizaciones. Todas estas visualizaciones son herederas de alguna forma de las primeras visualizaciones digitales realizadas por el Senseable Lab del MIT liderado por el arquitecto Carlo Ratti [figura 4.8.d].

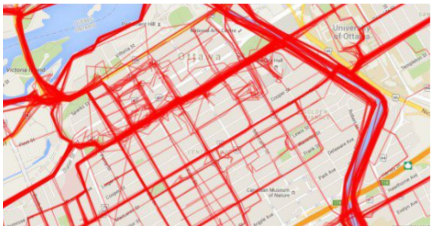
Un **tercer campo de aplicación** de los mapas mentales tiene que ver con la **caracterización de preferencias respecto al pequeño comercio**. Aplicaciones de ocio para el móvil como *Foursquare* recogen nuestras impresiones sobre establecimientos de restauración geolocalizados por todo el mundo, y los datos de localización que producen sensores y *smartphones* permiten conocer con precisión los itinerarios -de acceso a dichos comercios- preferidos por los usuarios. También posibilitan extender el análisis a conjuntos más amplios de la población, eligiendo la muestra para una representación más adecuada de todos los estratos sociodemográficos. Además, dado que el móvil lo llevamos siempre con nosotros, podemos extender el análisis de rutas a diversos medios de transporte más allá de los viajes a pie.

Lo anterior abre la puerta a una **cuarta aplicación**, ya que si asumiéramos que nuestras decisiones de compra son absolutamente racionales, sería posible -al menos en teoría- combinar la información subjetiva de los mapas mentales con datos estáticos -precios de locales, licencias de actividad, rutas de transporte- para así **determinar posibles localizaciones óptimas para determinados comercios** en función de los diferentes patrones geográficos de actividad, u optimizar los horarios de apertura.

[4.3] ANALÍTICA Y CARTOGRAFÍA DE LOS SENTIMIENTOS

Afortunadamente, los parámetros económicos no son los únicos que entran en juego a la hora de que las personas tomen sus decisiones. El campo de la economía del comportamiento -*behavioural economics*-, desarrollada a partir de los estudios de Daniel Kanehman y Richard Thaler, estudia cómo la personas toman sus decisiones en realidad, superando así los modelos económicos tradicionales de decisión en base puramente a criterios racionales (Kahneman, 2011). La contraposición de ambos enfoques se simplifica habitualmente como una pugna de “econs” -seres absolutamente racionales y analíticos- contra “humanos” -seres dotados de impulsos y sesgos cognitivos- (Scott-Niederhorn y Holder, 2019). Muchos comercios a pie de calle deben su viabilidad precisamente al hecho de que es nuestra faceta de humanos -poco práctica, sentimental, e impulsiva- quien en muchas ocasiones toma la rienda de nuestras rutas y decisiones de compra.





[figura 4.8]

a) Mapa de zonas por las que correr en Central Park y alrededores, obtenido gracias a los sensores *IoT* embebidos en ciertos modelos de zapatillas Nike (arriba, izda.),

b) Mapa de Ottawa producido por la aplicación de entrenamiento Strava para ser usado por el departamento de planificación urbanística de la ciudad (arriba, dcha.) (Fuente: https://cyclingmagazine.ca/sections/news/strava-used-urban-planning/ visitado el 4 de septiembre de 2023).

c) Mapa de recorridos de Uber (Fuente: Uber en X, antigua twitter). La compañía afirma "cubrir la ciudad entera una vez cada 24 horas", produciendo así un mapa dinámico sobre la movilidad urbana de Nueva York sin ningún coste añadido (abajo, izda.)

d) Finalmente, el proyecto "Live Singapore" muestra el mapa de la ciudad asiática incluyendo inteligentemente la variable temporal en la visualización 2D. Obtenida a través de sensores embebidos en los taxis de la ciudad, la representación de la ciudad se estira y encoge en función del tiempo que se tarda en llegar de un sitio a otro, una visualización que se corresponde mejor con la imagen mental usada en las decisiones (abajo, dcha.)

[4.3.1] Textos e imágenes

Una forma de interpretar los sentimientos de la población es analizar las opiniones vertidas en redes sociales. Como se adelantó en la sección 4.2.2, las técnicas agrupadas bajo la denominación de *Sentiment Analysis* se ocupan del análisis semántico de textos, permitiendo con ello extraer la opinión de los usuarios acerca de un tema, personaje, marca, espacio o servicio. Existen herramientas *on-line* que, utilizando esta técnica, posibilitan asignar a los lugares, infraestructuras o servicios de la ciudad etiquetas de acuerdo a su percepción pública.[26]

El siguiente ejemplo tomado de la ciudad de Milán ilustra una posible **quinta aplicación** de los mapas mentales, consistente en la utilización del **análisis de sentimientos para la gestión de espacios públicos, servicios e infraestructuras**. El sistema construido para la ciudad italiana está referido al transporte urbano (Candelieri y Archetti, 2015), y en él los mensajes se analizan en tiempo real para detectar accidentes, interrupciones de servicio o cualquier otro evento relevante, Pero, fundamentalmente, las opiniones de los usuarios sirven para conocer la calidad de servicio percibida. Un conocimiento que permite una mejor planificación, adaptando la oferta de movilidad a las necesidades reales de los usuarios. Sin embargo, en relación con la aplicación de estas técnicas al diseño y planificación urbanas, algunos autores aconsejan proceder con cautela (Roberts et al., 2018) debido a la todavía relativa inmadurez de las herramientas para posibilitar un análisis automatizado y fiable de la percepción real de los usuarios en relación al espacio público.

Sin embargo, el análisis de sentimientos textual no es la única tecnología disponible para conocer el estado de ánimo de las personas usuarias de un espacio. Desde los sistemas primitivos y relativamente costosos de hace una década,[27] las tecnologías de reconocimiento facial han progresado enormemente: actualmente, la búsqueda en Google de las palabras "*emotion recognition app*" devuelve más de 12 millones de resultados. Muchas de las aplicaciones en el mercado pueden ser descargadas al móvil desde *Google Play* para ser ejecutadas por casi cualquier *smartphone*, lo que da idea del amplio desarrollo y extensión de esta tecnología.

[4.3.2] Distancia percibida

La segunda consideración de este apartado tiene que ver con comenzar a emplear una geometría (sic) no estrictamente euclídea, sino mental y sensorial. En el diseño de infraestructuras es frecuente considerar la ciudad como un espacio euclídeo, en el que las restricciones espaciales y las percepciones no son consideradas. Desgraciadamente, esta aproximación dista mucho de la realidad. Las personas, las bicicletas y los vehículos a motor sólo pueden moverse por ciertos espacios y vías, y éstos deben estar representados en nuestro cerebro como posibilidades aceptables para su tránsito.

[26] Por ejemplo, la herramienta "Sentiment Viz", de uso libre, permite seleccionar el nombre de un lugar para producir una gráfica con la frecuencia de mensajes con un determinado grado en la escala de sentimientos comprendida entre cuatro estados: "desagradable", "agradable", "activo" y "tranquilo / triste (*subdued*)". Disponible en https://www.csc2.ncsu.edu/faculty/healey/tweet_viz/tweet_app/

[27] Ya en el año 2013, este investigador comprobó cómo en los pasillos del MIT. una pantalla mostraba un emoticono sobre la cara de las personas que pasaban por delante de una cámara conectada a un *software* de reconocimiento facial, de modo que el emoticono gigante en pantalla imitaba la expresión facial de cada individuo: enfado, alegría, etc.

Todavía hoy, a la hora de cartografiar la ciudad para el estudio de políticas urbanas, el sistema de representación circular -basado en el concepto de distancia "a vuelo de pájaro"- es ampliamente utilizado. Así, es frecuente leer que, "en un radio de 1 kilómetro en torno al punto X existen un número determinado de paradas de transporte público". En muchas ocasiones se emplea el tiempo -una variable más acorde con los criterios humanos- pero como una mera división directa de la distancia por la velocidad habitual al caminar, de manera que un radio de 1 kilómetro se convierte en 15 minutos -tiempo en el que una persona camina 1 kilómetro a la velocidad habitual de 4 kilómetros / hora-.[28]

Pero para incorporar la perspectiva ciudadana en el diseño de la movilidad hemos de reconsiderar la noción de distancia como la ruta más corta "a vuelo de pájaro" entre dos puntos. En el ejemplo del diseño de una línea de tranvía o metro ligero en Boston (EE.UU) que muestra la [figura 4.9] uno de los parámetros de partida para el trazado y colocación de estaciones es el número de habitantes que van a poder acceder a cada estación desde sus domicilios a pie o en bicicleta en tiempos inferiores a 5 a 10 minutos. El cálculo de los modelos actuales se realiza calculando radios a vuelo de pájaro y, con datos demográficos, calculando cuánta gente vive en cada círculo. Sin embargo, una mejora de dicho método consistiría en computar las distancias reales a través de las diferentes redes viarias -calles con aceras para el caso de peatones, o carriles bici en el caso de ciclistas-. El mapa inferior de la [figura 4.9] ilustra cómo cuando se considera la "distancia percibida" por el ciclista o el peatón -la cual está influida por factores ambientales- los resultados cambian sensiblemente. De manera que, una cosa es la población que teóricamente podría acceder en bicicleta a cada una de las paradas de las diferentes líneas de tranvía de Boston, por estar dentro de un radio teórico de 5 minutos, y otra distinta es la realidad. Cuando se considera la distancia real a través de vías ciclables la población que puede acceder a la infraestructura disminuye sensiblemente. Sin embargo, si se considera la distancia percibida, es decir, la distancia a la que las personas que viven en la zona perciben que se encuentra cada estación desde su domicilio, entonces el área es todavía mucho menor.

Sin la incorporación de tecnologías avanzadas de computación y análisis de la percepción, los mapas que se usan para el diseño urbano, mayoritariamente bi-dimensionales y euclídeos, no pueden tomar en cuenta aspectos importantes desde el punto de vista del ciudadano como la pendiente, el estado del firme, los tiempos de espera en semáforos o cruces, e incluso otros parámetros como la limpieza, la seguridad, la suciedad, o los fenómenos meteorológicos, dimensiones que sí figuran en el mapa mental de cada individuo. No es lo mismo pedalear a favor que en contra del viento, y quien considera la bici para sus desplazamientos por la ciudad tiene muy en cuenta a la hora de sus decisiones la dirección de los vientos dominantes en su ruta.

Afortunadamente, toda esta información está generalmente disponible en las bases de datos de las distintas administraciones, a menudo incluso en formatos abiertos y legibles por máquinas -a través de datos abiertos y *APIs*-,[29] por lo que estaría en disposición de ser incorporada a los procesos de diseño sin excesivas dificultades tecnológicas.

[28] Una variación de la distancia a "vuelo de pájaro" es la "distancia Manhattan", que al considerar la distancia espacial teniendo en cuenta la cuadrícula que forman las manzanas da como resultado un cálculo más aproximado a la realidad.

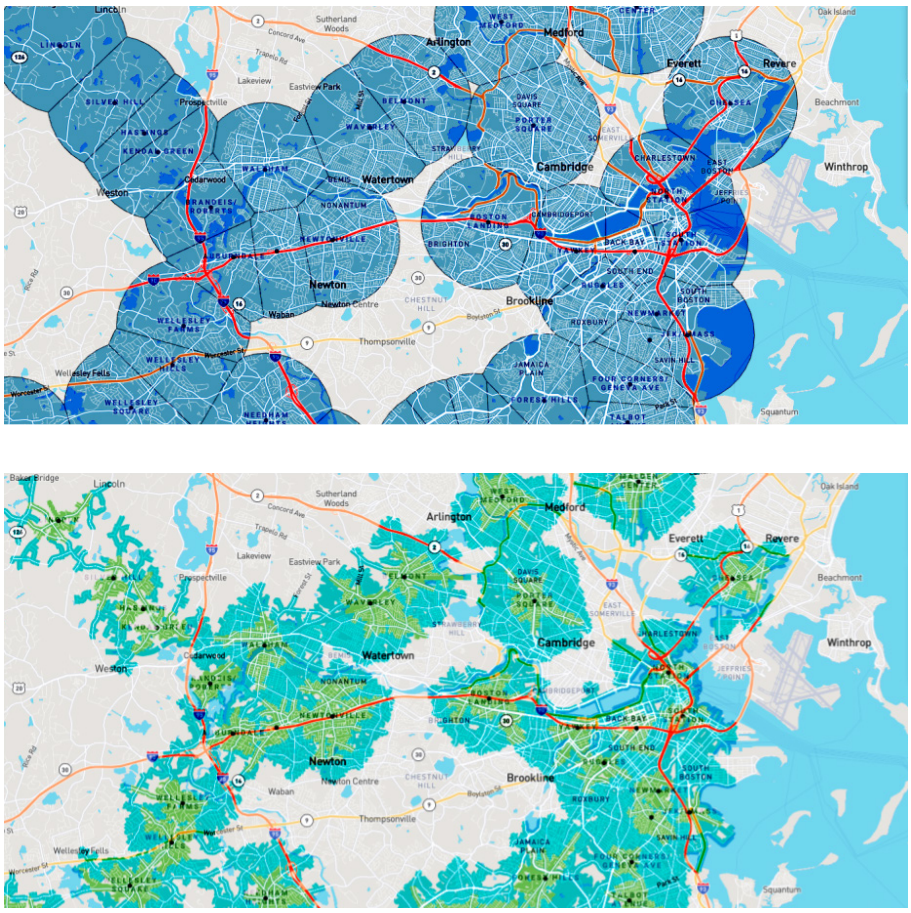
[29] *API: Application Pogramming Interface*. Se trata de un tipo específico de *software* que admite comandos desde máquinas remotas. En el caso de su aplicación a portales de datos, gracias a un API éstos pueden ser interrogados por un ordenador externo a través de una secuencia de parámetros que, procesados por el API del portal, hace que éste devuelva los resultados (p.e. un cierto conjunto de datos).

[figura 4.9]

El primer mapa muestra la población que teóricamente podría acceder en bicicleta a cada una de las paradas de las diferentes líneas de tranvía de Boston, por estar dentro de un radio teórico de 5 minutos (coloreado en círculos azules).

No obstante, el segundo mapa muestra una realidad distinta. En verde turquesa se muestra la población a 5 minutos reales de cada parada, y en verde claro la población que percibe estar a 5 minutos de la parada.

Fuente: Boston Transit, disponible en http://boston.transit-access.com/ (accedido el 3 de octubre de 2022)



[4.3.3] Construcción y propiedad del mapa mental colectivo

Como hemos visto, los avances en cartografía y, en particular, en los llamados Sistemas de Información Geográfica (SIG) han ampliado las posibilidades de visualización de cómo distintos colectivos de usuarios perciben los espacios urbanos (De Monchaux, 2016). Combinando el uso de SIG con los mapas mentales, pueden realizarse interesantes experimentos, como el llevado a cabo en la ciudad de Darwin (Australia) para aplicar una técnica particular de mapa mental llamada "mapa mental etiquetado -*labelled*-"[30] para producir el mapa mental colectivo de "las clases creativas" (Brendan-Horley, 2010) e identificar así los lugares urbanos preferidos por los artistas para inspirarse. Esta particularización de la representación cartográfica cognitiva puede facilitar la realización de políticas públicas -como el diseño urbano- para determinados tipos de sujeto. Así, si los sujetos principales de un determinado proyecto, por ejemplo, son los niños y los comerciantes, podemos particularizar mapas mentales colectivos para cada uno de ellos para conocer su percepción del espacio público antes y durante la realización de las actuaciones del proyecto.

Hemos mostrado, asimismo, cómo la sensorización que conlleva el despliegue de la "Internet de las Cosas" -*Internet of Things* , o *IoT*, en inglés-, el *big data*, los sistemas audiovisuales inmersivos y de altas prestaciones, los Sistemas de Información Geográfica, y el conjunto de técnicas agrupadas bajo la etiqueta de *Sentiment Analysis* son algunas de las tecnologías que prometen progreso en, al menos, cuatro aspectos: plasmación más precisa de la imagen mental individual en un mapa mental, aumento de la muestra hasta prácticamente abarcar el total de la población, adecuación del mapa mental a esa guía de navegación que llevamos en el cerebro y que nos permite la toma de decisiones de ruta en tiempo real y, finalmente, adaptación del mapa mental colectivo a los cambios temporales. En resumidas cuentas, la tecnología disponible está en disposición de materializar la realización de mapas urbanos mentales colectivos, incluyendo la dimensión temporal, para un amplio conjunto de actividades urbanas, y con una muestra de usuarios altísima. De hecho, en lo que supone una **sexta y última aplicación de los mapas mentales**, se ha sugerido que la imagen colectiva del entorno extraíble de redes sociales como Instagram puede mejorar la metodología de **realización de los planes generales de ordenación urbana** (Serrano, Nolasco y Martí, 2022).

Sin embargo, aunque tecnológicamente esté al alcance de la mano, no son las administraciones públicas -las instituciones por excelencia garantes de lo colectivo-, quienes tienen acceso a los datos cartográficos producidos por la actividad humana. Como se deriva de los ejemplos analizados en este capítulo, son fundamentalmente las empresas privadas quienes tienen los datos que alimentan cada uno de esos mapas mentales colectivos sobre actividades en el espacio público. Y aunque, al menos de momento, los mapas individuales y colectivos de comportamientos y emociones se hallan desagregados por actividad y almacenados en bases de datos pertenecientes a organizaciones -generalmente privadas- distintas, todo ello puede cambiar con el despliegue ubicuo de nuevas redes privadas móviles a partir de la tecnología 5G y subsiguientes.

[30] El mapa mental "etiquetado" no permite el dibujo libre de los elementos urbanos, sino que aplica atributos a estos elementos urbanos relevantes sobre la representación cartográfica estándar. Se facilita así la agregación de la información individual mediante procesado digital para la composición de mapas mentales colectivos.

Es plausible que lo que haya detrás del despliegue del 5G no es tanto un intento por ofrecer más y mejores servicios móviles sino la "capacidad de poder asignar a un solo individuo, permanentemente, el conjunto de sus (huellas de) comportamiento".[31] Así, "todo pasará por el *smartphone*, que centralizará los datos" según Alain Damasio (Bailly y Marchand, 2020, p. 8). De esta manera, el espacio público digital mediado a través de dispositivos como los *smartphones*, puede perder parte de los grados de libertad o *affordances*. que permite a las personas usuarias.

[31] El intento por controlar la información que pasa por el *smartphone* -erigido en filtro último de gran parte de nuestras comunicaciones y acciones-, explicaría no solo la batalla de los operadores de telecomunicaciones por el 5G, sino también importantes movimientos empresariales en el sector digital, desde la compra de Whatsapp por parte de la antigua Facebook -hoy Meta- hasta el esfuerzo de Google por el desarrollo y extensión del sistema operativo Android -usado por la inmensa mayoría de los móviles, excepto los fabricados por Apple-.

En efecto, hasta ahora podría decirse que el *smarthphone* tenía la posibilidad de favorecer un cierto desdoblamiento de nuestra identidad al permitirnos mantener separados los cuatro planos definidos por la esfera pública física, la esfera pública digital, la esfera privada física -en nuestro hogar, por ejemplo-, y la esfera privada digital. Sin embargo, el hecho de que la huella digital de todos ellos confluya en manos de una sola empresa -bien sea la operadora propietaria de la red 5G, la desarrolladora del sistema operativo del móvil, o la fabricante de su electrónica- disminuye el margen individual para usar social y privadamente el espacio público físico y digital.

[4.3.4] Escenarios de descorporeización en relación al espacio urbano

La tabla 4.2 muestra un resumen de las posibles aplicaciones de los mapas mentales en actividades relacionadas con el diseño urbano:

[tabla 4.2]

Aplicacions proyectivas de los mapas mentales.

N.	Aplicación	Observaciones
1	Diseño de parques	En fase de anteproyecto, mediante actividades *ad-hoc* equipadas con apps del deporte de orientación
2	Planificación de la movilidad urbana	Sustituyendo las costosas y poco dinámicass encuestas de movilidad por datos de sensores y *smartphones*
3	Diseño de servicios comerciales	Mediante datos de aplicaciones de redes sociales valorativas como Foursquare
4	Localización óptima de tipología de comercios	Análisis cruzado de información dinámica generada por usuarios con datos del entorno
5	Gestión y diseño de infraestructuras y servicios de movilidad	Mediante análisis de sentimientos textual o facial e incorporación de la distancia percibida
6	Realizaciones de planes generales de ordenación urbana	Mejoras en la metodología actual gracias al uso de datos de redes sociales como Instagram

En casi todas las aplicaciones anteriores los consumidores de la información son implícitamente las personas encargadas de la planificación, diseño o gestión de los proyectos de espacios, servicios e infraestructuras. Sin embargo, los mismos datos en los que se basa el conocimiento que mejorará la práctica de los diseñadores pueden servir de base para construir algoritmos que modifiquen el comportamiento del usuario. Las entradas al sistema -datos de actividad- son las mismas, pero las salidas -información y conocimiento en el caso de los diseñadores, y recomendaciones de uso en el caso de los usuarios- son distintas.

En cualquier caso, tanto si el producto final de estos datos es un nuevo parque o la recomendación de ir a un restaurante recién abierto, se establece un nuevo bucle de realimentación con el sistema urbano: tanto los usuarios del parque como los del nuevo restaurante generarán nuevos datos de actividad que influirán en la configuración futura del espacio. Este intrincado proceso de interacciones mutuas, de conexiones de ida y vuelta, no sólo da idea de la complejidad de la ciudad, sino que permite vislumbrar cómo tecnología y espacio urbano se interconectan.

En efecto, podemos distinguir dos escenarios principales en los que la tecnología, los cuerpos de las personas y el espacio se interconectan (Ellard, 2020):

- En el primero, en nuestro discurrir por el espacio físico permeado por la tecnología nuestros datos son recogidos por sensores -una tarjeta de crédito, un detector *bluetooth*, un sensor biométrico, una cámara- y enviados a través de las redes a un cerebro o inteligencia central que procesa toda esa información para devolvernos recomendaciones de ruta, de compras, o de relaciones.
- El segundo tiene lugar al acceder a espacios de realidad virtual, a videojuegos, o al metaverso. En ellos es nuestro cerebro quien toma las decisiones, pero en este caso el cuerpo es sustituido por nuestro avatar digital.

En ambos casos nuestro cuerpo y nuestro cerebro se desacoplan; pero si en el primer caso una inteligencia central se conecta a nuestro cuerpo, recibe la información y guía a este en su devenir diario, en el segundo es nuestro cerebro quien se separa de nuestro cuerpo físico para conectarse a nuestro avatar digital. Aunque las implicaciones a largo plazo de estos dos distintos procesos de descorporeización en el futuro de nuestras ciudades y del comportamiento humano distan de estar claras, para la investigación -en el contexto del futuro Instituto de Diseño Urbano Digital- ofrecen dos abanicos de posibilidades distintos:

- Por un lado, el uso de tecnologías inmersivas y de realidad virtual cada vez de mayor potencia y a un precio cada vez más reducido abre nuevas posibilidades para llevar a cabo experimentos psicogeográficos de laboratorio.
- Por el contrario, la sensorización del espacio público trae consigo la posibilidad de conducir proyectos -o experimentos- iterativos de diseño en campo, sirviéndonos para ello de una tipología particular de laboratorios urbanos denominada *living labs*.[32]

[32] Se trata de un tipo particular de laboratorios urbanos en entornos reales. La Red Europea de Living Labs, además, considera que en este tipo de laboratorios deben usarse métodos de innovación iterativos para así crear un impacto sostenible, y que deben ser "ecosistemas de innovación abierta centrados en el usuario" (ENOLL, 2019).

Dado que el principal foco de la tesis reside en la iteratividad en condiciones reales, no en la simulación ni en la modelización, no se ahondará en el primero de los escenarios. Por el contrario, los siguientes capítulos profundizarán en las herramientas, datos y metodología necesarios para poner en práctica a través de pequeños proyectos reales los principios de analítica de flujos y psicogeografía enunciados hasta aquí.

COMPARTICIÓN DE DATOS PÚBLICO-PRIVADA Y DISEÑO URBANO

DISEÑO URBANO DIGITAL ÁGIL Y DE BAJO COSTE.

UNA METODOLOGÍA ITERATIVA DE PROYECTOS PARA EL ESPACIO PÚBLICO COMERCIAL BASADA EN *BIG DATA*.

Los datos que nos interesan en nuestra investigación son fundamentalmente aquellos referidos a actividades humanas que pueden arrojar luz sobre los gustos y preferencias de la ciudadanía en su uso de un espacio público en sus dos capas, física y digital. Conviene recordar que, como se ha señalado en los dos capítulos anteriores, esta identificación de posibles conjuntos de datos proviene de dos aproximaciones distintas, aunque complementarias.

Producto de los enfoques termodinámico y psicogeográfico de los capítulos 3 y 4, respectivamente, se han identificado ya al menos dos interesantes conjuntos de datos referidos al espacio público comercial: el tránsito peatonal -que ya es analizado en el caso de centros comerciales privados, normalmente por parte de sus operadores (Rizzi, 2022)-, y las transacciones comerciales -que, en su mayoría, ya están siendo recogidas y explotadas por grandes empresas (Cross, 2023)-. Ambos parámetros, tránsito peatonal y ventas, son fuertes predictores del éxito de los negocios a pie de calle (Sevtsuk, 2020).

A la hora de la recolección y el tratamiento de datos para la creación de esos nodos de actividad donde sumergirnos en experiencias "psicogeográficas" proclives al consumo, los centros comerciales juegan con otra ventaja adicional sobre el pequeño comercio: al operar en un espacio físico privado -incluso los que se construyen al aire libre-, tienen menos restricciones en lo que respecta a la recolección y analítica de datos personales. Gracias a ello pueden desarrollar apps propietarias y desplegar fácilmente programas de fidelización con los que "expanden sus relaciones con el cliente antes y después de la visita" (Fantoni et al., 2014).[1] Para estimular la cesión consentida de datos por parte de los usuarios, se recurre con frecuencia a acciones de mercadotecnia, pues la posibilidad de acceder a descuentos o la necesidad de satisfacer de inmediato el deseo de acceso a nuevos servicios por parte del cliente pueden ser motivos suficientes para que éste acepte cláusulas relativas a sus datos personales fuera de la estricta finalidad para los que son recogidos (Morozov, 2014). Ello implica que, a la hora de contemplar el uso de datos para diseñar y gestionar el espacio público comercial, físico y digital, debe extremarse el respeto a la vigente legislación en materia de privacidad.

Como en el caso del tráfico peatonal y de las transacciones comerciales, los conjuntos de datos que nos interesan deben cumplir la doble condición de servir para el propósito de incorporar la percepción y el sentimiento sobre el espacio público y de estar al alcance de los poderes públicos. Una disponibilidad que es necesario examinar a la luz de la naturaleza de los datos que, a su vez, puede encajar en alguna o varias de las siguientes situaciones:

- datos de carácter personal, aunque de naturaleza pública porque así lo ha determinado el usuario (p.e. opiniones o sentimientos expresados por twitter)
- datos de carácter anónimo, o posean tal nivel de agregación que sea improbable la identificación de su propietario (p.e. datos agregados o anonimizados de medición de aforos)

[1] En una especie de versión "comercial" de la participación ciudadana, incluso utilizan plataformas de redes sociales para solicitar ideas sobre las nuevas franquicias que los clientes desearían poder visitar en el centro comercial. Estas campañas participativas son extraordinariamente segmentadas, gracias al conocimiento exacto del perfil de cada cliente.

- datos de carácter personal, pero para cuyo uso el usuario haya dado consentimiento para su tratamiento con fines de interés público -como sucede en algunos casos con los datos reservados de carácter médico o de geolocalización- (Sarasa, 2017).
- tengan carácter de datos personales, pero no estén dentro de la esfera pública o no exista consentimiento explícito para su uso por parte de los poderes públicos, siendo un ejemplo de esta categoría los datos que los operadores de telecomunicaciones cedieron Instituto Nacional de Estadística para el seguimiento de la movilidad durante las fases más críticas de la pandemia de COVID-19.[2]

[2] Estudio INE de propagación de la COVID-19 con datos de operadores de telefonía, consultable en https://www.ine.es/covid/covid_movilidad.htm

A efectos de la tesis, nos referiremos a este último escenario como "compartición de datos público-privada".

[5.1] *BIG DATA* URBANO

El análisis de algunos de los distritos de innovación diseñados desde la época en que Castells y Hall (1994) exploraron la nueva geografía de la economía urbana hasta nuestros días revela hasta qué punto pueden distinguirse dos etapas del desarrollo tecnológico: la etapa de la conectividad y la etapa de los datos. Una secuencia lógica, por otra parte, ya que al principio de la carrera tecnológica lo principal era conectarlo todo: personas, lugares y objetos. Y sólo después de haber realizado gran parte de esta primera tarea se ha revelado la importancia de la segunda, que consiste en organizar la recogida, el tratamiento y la valorización de la información producida a través de todas estas conexiones. Con la conectividad ubicua que proporcionan las redes inalámbricas y la miniaturización de los microprocesadores, los datos se han convertido en la piedra angular sobre la que se basan gran parte de las políticas de inteligencia competitiva de las empresas.

En la ciudad, la progresiva privatización de los servicios urbanos, la subcontratación y el auge de Internet han dado lugar a esquemas de gestión y operación urbanas que funcionan de manera distribuida. Hoy en día, el conocimiento subyacente en los datos de las grandes corporaciones digitales como Google, Amazon, los operadores de telecomunicación, las plataformas como Uber o AirBnB, o los propios bancos, permitiría avanzar de manera sustancial en la comprensión del funcionamiento de la ciudad (Bettencourt, 2014), aunque la opacidad de sus bases de datos impide a los ayuntamientos utilizar ese conocimiento para un mejor funcionamiento urbano (Sarasa, 2020).

Aun con las anteriores limitaciones, la planificación, diseño y gestión urbanas no se puede ya entender sin la analítica de datos y el conjunto de tecnologías emergentes asociadas, -como los teléfonos inteligentes (*smartphones*), los dispositivos del Internet de las Cosas (*IoT*) y técnicas de Inteligencia Artificial como aprendizaje automático (*machine learning*) y aprendizaje profundo *(deep learning*)- (Sabri y Witte,

2023). Ahora bien, como consecuencia de la multiplicidad de agentes implicados en la gestión de lo urbano y a la inherente complejidad de la ciudad, merece la pena detenernos en las particularidades del *big data* en el contexto urbano, asunto al que dedicamos las subsecciones siguientes.

[5.1.1] Tecnología y organización

La analítica del *big data* urbano comporta especiales dificultades técnicas y organizativas para lidiar con sus desafíos -grandes volúmenes de datos, potencial sesgo, implicaciones a nivel de privacidad, compartición con terceros, o el empleo de técnicas de Inteligencia Artificial para detectar patrones y relaciones subyacentes (Moro, 2022)-. Dado que la mayor parte de las administraciones públicas a nivel local disponen de limitados recursos de analítica, la aplicación del *big data* a la gestión y diseño urbanos precisa de la colaboración con agentes externos (Garman, 2023). Las fuentes de datos con las que estos agentes producen sus trabajos incluyen registros de telefonía móvil, pagos con tarjeta de crédito, o datos de sensores instalados en objetos.[3]

Gracias a *IoT*,[4] por ejemplo, se ha ampliado exponencialmente la cantidad y diversidad de los datos recogidos (Hojlo, 2021). Por si fuera poco, los teléfonos inteligentes y las aplicaciones complementan a los dispositivos *IoT* ampliando aún más los datos personales que divulgamos, incluyendo opiniones, hábitos, relaciones y salud. El *big data* aglutina toda esa información desestructurada y extrae los rasgos relevantes de los individuos, a menudo analizados bajo prismas estrechos: clientes, votantes, o usuarios. Por último, la Inteligencia Artificial automatiza el consumo de esa información y muchas de las acciones o decisiones posteriores que suceden en las organizaciones que poseen y/o analizan los datos (Ferrara et al., 2019).

La novedad es que toda esta panoplia de tecnologías emergentes pueden profundizar en el conocimiento sobre los sistemas y subsistemas físicos y humanos que forman la ciudad hasta un nivel desconocido hasta ahora (Long, 2019). Sin embargo, la naturaleza de las dificultades que se interponen a un salto tan decisivo en la práctica urbana son tanto organizativas como técnicas y requieren profesionales con aptitudes no necesariamente tecnológicas -las llamadas *soft skills*- (Panagiotakopoulos et al., 2022), polivalentes, creativos y conscientes de las implicaciones éticas de la tecnología.[5] Se trata de tecnologías que, en conjunto, vuelven a poner sobre la mesa una vieja idea futurista últimamente renovada: el gobierno impulsado por los datos -*data-driven government*-, un camino no exento de riesgos en materia de pérdida de equidad, privacidad, diversidad y justicia social (De Heer, 2023).

A nivel de sectores, las corporaciones líderes de Internet van en cabeza en el uso del *big data* para la mejora de procesos. De hecho, muchas de estas empresas han impulsado desde el inicio el propio concepto de *big data* y ostentan las patentes que lo sustentan y desarrollan.[6] Los mercados altamente competitivos e innovadores en los que operan esas empresas hacen que el uso de *big data* responda a las necesidades de obtener una ventaja competitiva. Google, que basa casi todo su funcionamiento

[3] El Senseable City Lab del MIT constituye una rica fuente de estudios acerca de cómo aplicar el *big data* a la mejora de servicios urbanos. Ciudades como Singapur, Barcelona o Nueva York han sido objeto de diversos análisis por parte de los investigadores del MIT para comprender y mejorar servicios como la movilidad, el turismo o la gestión de residuos. Para una visión de conjunto sobre estos proyectos, consúltese su portal web en https://senseable.mit.edu/ (accedido el 2 de octubre de 2022)

[4] Aunque su acrónimo se refiere a las cosas, los dispositivos y redes *IoT* recopilan cada vez más información sobre nosotros, las personas, a través de una amplia variedad de sensores que rastrean -con o sin nuestro consentimiento- nuestras acciones cotidianas.

[5] Capaces de captar, por ejemplo, las sutiles implicaciones que aparecen al aplicar toda la potencia predictiva de la Inteligencia Artificial al *big data* y aplicarla a la automatización de la toma de decisiones en el contexto urbano, tanto a medio plazo como en tiempo real, campo este último en el que la conducción autónoma representa un campo de debate paradigmático (Lim & Taeihagh, 2019) (Townsend, 2020).

[6] Según Statista, a 31 de diciembre de 2022, las compañías líderes en patentes de Inteligencia Artificial eran las corporaciones tecnológicas chinas Baidu y Tescent, con más de 13.000 y 12.000 patentes, respectivamente.

empresarial en el *big data* y que invierte una enorme cantidad de recursos en el desarrollo de la tecnología, ilustra esta lógica.[7] Además, los negocios de Google se basan en buena medida en los datos que los usuarios ceden, ya sea de forma abierta -como en el buscador de Google o en el servicio cartográfico Google Maps- o privada -como en el servicio de correo electrónico Gmail- (Burgess, 2021).

Existe otro conjunto interesante de empresas, que inicialmente adoptaron la etiqueta de "economía colaborativa", que merece la pena analizar, por su incidencia, a menudo perturbadora y sustentada en la elusión de normativas locales o en la explotación inteligente de vacíos en las mismas, en ámbitos como el transporte o el alojamiento (Sundararajan, 2016). Uber es un ejemplo visible de una nueva paradoja: el impacto sobre el sector local del taxi no sólo afecta al autoempleo en la ciudad, sino que también provoca una reducción de la recaudación fiscal de ésta al operar al margen de las licencias de taxi o del Impuesto de Actividades Económicas (IAE), a menudo incluso operando a través de paraísos fiscales (Kunashegaran, 2023). Pero sin embargo, sus sistemas pueden libremente utilizar los datos públicos para la optimización de las rutas de los llamados *riders*,[8] mientras que la empresa no comparte con los ayuntamientos -salvo casos especiales-[9] la ingente cantidad de valiosa información recopilada a través de los desplazamientos diarios por la ciudad de sus conductores.[10]

[5.1.2] Consideración de bien público

El término “minería de datos” se acuñó originalmente hace algunas décadas para ilustrar la naturaleza de los procesos que se ocupan de buscar y extraer información relevante a partir de grandes bases de datos. Teniendo en cuenta los análisis y proyecciones sobre el valor que puede aportar a la economía mundial liberar todo el potencial de los datos (Manyika et al., 2013), el término minería de datos adquiere una nueva relevancia debido al valor estratégico del dato para nuestras economías. Considerar el dato como un activo estratégico conduce de manera natural a desarrollar un marco normativo que reconozca los datos como un bien público esencial cuyos derechos y mecanismos de explotación deben revisarse y clarificarse (Ritchie y Welpton, 2011), asunto al que se dedican las secciones segunda y tercera de este capítulo.

Aunque no existe una definición rigurosa de *big data* (Press, 2014), su definición original incluía tres características principales: volumen, velocidad y variedad -también llamada “la regla de las 3 Vs”- (Laney, 2001). Algunas corporaciones posteriormente han añadido una cuarta y quinta V -veracidad y valor- (BBVA, 2017) para subrayar la importancia que la industria concede a este conjunto de tecnologías. Desde una perspectiva organizativa, que es la que aborda este trabajo, los valores absolutos de cada una de las magnitudes a que las Vs hacen referencia significan muy poco. Por ello, resulta de interés la definición complementaria que describe el *big data* como "conjuntos de datos cuyo tamaño supera la capacidad de las herramientas típicas de *software* de bases de datos para capturarlos, almacenarlos, gestionarlos y analizarlos" (Manyika et al., 2011).

[7] Por ejemplo, el algoritmo Map Reduce, que sirvió en los inicios de la explosión del *big data* para poder procesar grandes volúmenes de datos a través de multitud de ordenadores distribuidos, fue desarrollado por Google (Dean y Ghemawat, 2008) y ha sido citado en más de 24.000 ocasiones.

[8] Datos que los ayuntamientos publican en abierto y que incluyen, por ejemplo, información actualizada sobre afecciones en la vía pública. Un ejemplo es el portal de incidencias en vía pública del Ayuntamiento de Zaragoza, consultable en https://www.zaragoza.es/sede/portal/movilidad/trafico/servicio/via-publica/incidencia/ (accedido el 20 de agosto de 2022).

[9] El acuerdo entre Uber y la ciudad de Boston incluye la compartición de datos anonimizados sobre recogidas y fines de trayecto con origen o destino en la ciudad (SUMC, 2017)

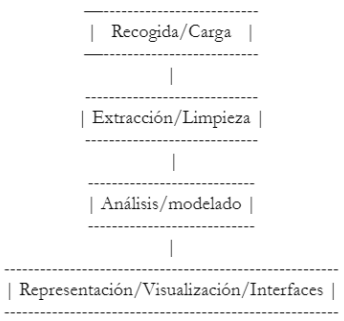
[10] Ver en la figura 4.8.c) los mapas dinámicos de la ciudad de Nueva York publicados por Uber,, renovados cada 24h, y realizados a partir de la información recogida en los trayectos de la empresa.

Para el propósito de la investigación, ampliaremos esa visión técnica a la dimensión organizativa, y ofreceremos una definición alternativa de *big data* como ·"aquellos datos cuyo volumen, velocidad y variedad establecen nuevos retos para una organización o empresa, por la apertura de nuevas perspectivas pero también por requerir nuevos esfuerzos y habilidades para su tratamiento, situándola fuera de su zona de confort a muchos niveles." (Sarasa, 2016). Como resultado de esta definición, comprender el nivel de avance, expectativas y necesidades de cada uno de los agentes interesados en cooperar en un potencial sistema de compartición de datos público-privado es necesariamente un aspecto clave de estudio a la hora de construir una implementación práctica de dicho sistema.

[5.1.3] Procesos canónicos y específicos

La literatura técnica sobre *big data* es amplia y profunda. Un diagrama simplificado de los procesos generales o "canónicos" que intervienen en el tratamiento del *big data* podría ser el de la [figura 5.1] (Pääkkönen y Pakkala, 2015). Aunque el modelo estándar se adapta bien para para fines empresariales, en los que los datos se producen, recopilan, almacenan e interpretan dentro de los límites de la propia organización, puede resultar insuficiente para responder al contexto específico del medio urbano (Goodchild, 2022), en el que los datos tienen una fuerte componente geográfica, se producen por sus millones de habitantes -y, por tanto, son portadores de una evidente carga social- y se recogen a lo largo de la multitud de empresas que operan los sistemas urbanos -bancos, operadores de telecomunicación, empresas de transporte, de hostelería, de reparto, etcétera- y los propios ayuntamientos.

Como consecuencia, el "universo de datos" urbano, ya de por sí inmenso, sigue expandiéndose a una velocidad cada vez mayor. Por desgracia, los recursos de que disponen las ciudades para hacer frente a sus desafíos son limitados (Townsend, 2013). Por eso se necesitan estrategias que superen los límites intra-municipales, y de ahí el interés por una ciencia de datos específica del medio urbano y por sistemas de compartición de datos urbanos público-privados que, como el puesto en marcha por la ciudad de Viena, permiten avanzar hacia una mejor gestión de los asuntos urbanos (Hassler et al., 2023).



[figura 5.1]

Procesos "canónicos" asociados al trabajo con *big data*. Aunque los modelos de referencia varían ligeramente de unos autores a otros, este esquema constituye un modelo de referencia ampliamente aceptado.

Heterogeneidad, escala, precisión temporal, complejidad o privacidad son algunos de los obstáculos a los que los ayuntamientos, como administraciones públicas, se enfrentan a la hora de materializar el potencial del *big data* (Labrinidis y Jagadish, 2012). Todos los inhibidores mencionados, excepto la privacidad, están de algún modo vinculados a los límites y costes de la tecnología. Sin embargo, la privacidad, debido a su naturaleza de derecho cívico, es una cuestión más compleja en la que la tecnología no desempeña un papel resolutivo, al menos de forma directa. Al contrario, el avance de la miniaturización y de la capacidad de procesamiento tecnológico, impulsados principalmente por la Ley de Moore, suponen una amenaza directa para la privacidad según Philip Zimmermann, el inventor del popular protocolo de comuni-

caciones PGP -*Pretty Good Privacy*- (Loney, 2003), ya que la capacidad de almacenar nuestra información personal y el poder de calcular nuestro comportamiento presente y futuro siguen duplicándose cada 18-24 meses.[11]

Los problemas de privacidad se agravan en escenarios -como la ciudad- en el que se entremezclan varios flujos de datos, producidos a partir de fuentes de datos, sobre el papel independientes, sobre una misma persona.[12] Aunque sobre el papel la normativa impone severas restricciones al intercambio de datos, la riqueza oculta en ellos y el desarrollo tecnológico tensionan permanentemente la regulación, como cuando cuando dos empresas como Facebook y Whatsapp se fusionaron, lo que facilita a la empresa Meta -propietaria de ambos servicios- el cruce de los datos de la mensajería instantánea privada con los de la red social (Ingham, 2019).

En Europa el tratamiento de datos personales se rige principalmente por dos principios: no debe revelarse a terceros ningún dato que pueda identificar potencialmente a una persona, los datos recogidos deben utilizarse para fines especificados, explícitos y legítimos (Unión Europea, 2016). A pesar de la normativa sobre protección de datos personales, la compartición de datos entre empresas implica que la privacidad *on-line* y *off-line* se está privatizando, y ésta "privatización de nuestra privacidad" se produce con nuestro consentimiento (Morozov, 2014).

La normativa de protección de datos impone asimismo una severa restricción al tipo de análisis que puede realizarse con nuestros datos al proteger, al menos en teoría, las bases de datos de los usuarios de su tratamiento externo mediante algoritmos. Para buscar un cierto equilibrio entre el necesario deber de protección de la privacidad con el empleo de datos personales para usos de interés público se han desarrollado varios **procesos específicos** aplicables al *big data* en el contexto urbano:

- **Anonimización.** La divulgación de datos individuales anónimos para comprender las pautas urbanas se ha revelado como una técnica útil para sortear las barreras que el respeto a la privacidad impone en la analítica de datos personales. Sin embargo, no parece tratarse de una técnica totalmente segura, habiéndose señalado sus límites, por ejemplo, en el caso del tratamiento de datos anónimos de tarjetas de crédito (De Montjoye et al., 2015).[13] En el ámbito de la movilidad urbana, otra investigación mostró que los patrones de movilidad urbana de los individuos son muy repetitivos y que, "a pesar de la diversidad de su historial de viajes, los humanos siguen patrones simples reproducibles" (González et al., 2008).[14] Otras técnicas "naturales" para preservar la privacidad de los usuarios cuya información se consulta en bases de datos estadísticas son la eliminación de atributos identificables -para así evitar la identificación de individuos al confrontar los registros con información conocida de fuentes públicas- y el submuestreo. Sin embargo, como se ha demostrado, con la creciente disponibilidad de información personal pública, especialmente a través de las redes sociales, es tecnológicamente factible completar la información que falta en los registros de los usuarios y

[11] En secciones posteriores trataremos con más detalle la privacidad individual; limitando nuestro análisis por ahora a realizar la siguiente consideración general: en un mundo digital, la privacidad ya no existe para la inmensa mayoría de sus habitantes. Incluso en ausencia de divulgación malintencionada o accidental de información, las grandes empresas digitales, y por tanto los miles de personas que trabajan en ellas, tienen acceso a los registros que conforman precisamente nuestra vida cotidiana. Agregada sobre millones de otros usuarios y analizada minuciosamente, esa información constituye una rica fuente de ingresos.

[12] ¿Dónde queda, además, ese velo de anonimato con que la ciudad cubre muchas de nuestras actividades?

[13] En el campo de las transacciones con tarjeta, el citado estudio determinó que la recolección de datos referidos a solamente 4 puntos espacio-temporales bastan para identificar al 90% de los individuos o, expuesto de otro modo, que dados sólo el sello de tiempo y la ubicación de 4 registros de pago de un mismo usuario, la probabilidad de identificarlo con certeza es de 0,9 sobre 1. La misma investigación muestra que la probabilidad de identificar con certeza a los individuos aumenta un 22% si se añade al registro la información sobre el precio, que está fácilmente disponible en la mayoría de los casos (De Montjoye et al., 2015)

[14] Aunque esta previsibilidad puede aportar nuevas ideas para resolver problemas urbanos como la respuesta a emergencias o la propagación de epidemias, también significa que, una vez conocida la trayectoria de un individuo en un determinado día de la semana, la probabilidad de predecir con exactitud la posición de ese individuo en un momento dado en el futuro es conocida y elevada.

comprometer la identidad de las personas a las que los datos hacen referencia: la anonimización absoluta parece imposible (Warden, 2011).

- **Agregación y privacidad diferencial.** Un enfoque alternativo para abordar el problema de la privacidad consiste en poner a disposición de los usuarios únicamente información de grupo, bajo el supuesto obvio de que, cuanto mayor sea el grupo, mejor será la protección de la privacidad.[15] No obstante, el hecho de que un sistema de este tipo sólo responda a consultas agregadas reduce pero no parece que elimine por completo el riesgo de violaciones de la privacidad (Dwork, 2006). En el mismo artículo, Dwork aporta rigor matemático al problema del análisis de datos para preservar la privacidad y propone el concepto de privacidad diferencial, definida como el aumento del riesgo global que sufre un usuario cuando su información personal se incluye en una base de datos. Aunque la base de datos en cuestión sólo responda a consultas agregadas, Dwork demuestra matemáticamente cómo un atacante malintencionado puede de hecho inferir información personal. Para controlar el riesgo de extracción de información no autorizada, la técnica propuesta por Dwork añade ruido -información aleatoria- a las respuestas de la base de datos, según se muestra en la [figura 5.2].[16] La privacidad diferencial resulta especialmente interesante en entornos urbanos, en los que el uso de datos agregados y la consiguiente pérdida de precisión es aceptable en muchos contextos (Cai et al., 2019).[17]
- **Consentimiento del usuario.** Una posible solución al obstáculo técnico de la imposibilidad de reducir a cero el riesgo sobre la privacidad consiste en obtener la complicidad del usuario para compartir sus datos personales, algo que es factible en determinados contextos. ¿Qué tipo de incentivos -distintos a los que usan actualmente las empresas para que aceptemos ciegamente sus cláusulas de tratamiento de datos- moverían al usuario a ceder una parte de su privacidad? ¿Cuáles son los riesgos "consentidos" de tal cesión? ¿Y qué pueden hacer las instituciones públicas para mitigarlos?. El propósito de usar los datos para fines de utilidad pública -o para el bien común- es un matiz clave en un consentimiento que los usuarios ya ejercen en el caso de compartición de datos entre empresas (Barr y Winkler, 2014).[18] Experiencias en el ámbito de las llamadas "ciudades inteligentes" como el proyecto *Smartcitizen.me* que se muestra en el capitulo 2 sugieren que los usuarios podrían tener también incentivos relacionados con la cooperación para compartir datos que puedan contribuir a mejorar su ciudad.

En resumen, un sistema de compartición de datos público-privado que pueda usarse, por ejemplo, para aplicaciones de diseño urbano, debería contemplar el consentimiento del usuario junto con una combinación de técnicas de anonimato y agregación de datos. Como se ha argumentado en capítulos anteriores, este tipo de sistemas forma parte de la capa digital que el proyecto de diseño urbano debe también incluir como objeto de diseño.

[15] Quienes hayan realizado descargas de datos en el portal del Instituto Nacional de Estadística (INE) español reconocerán esta técnica.

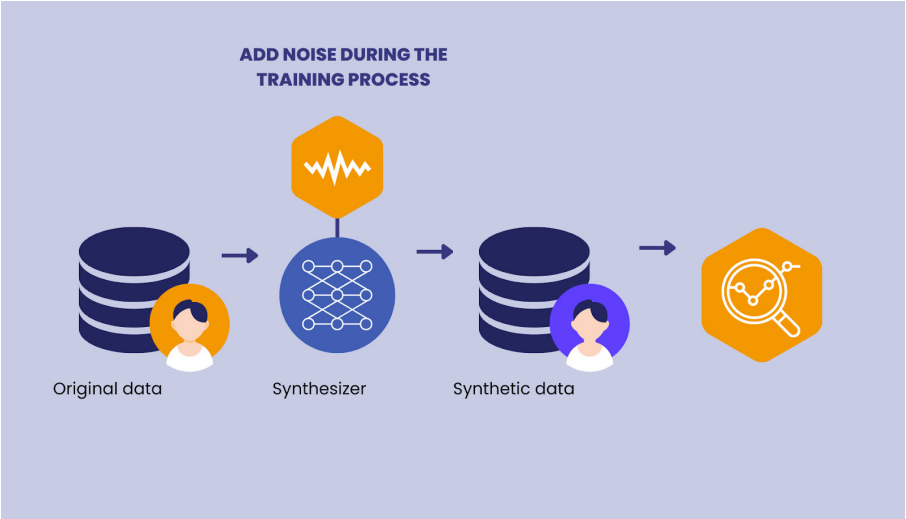
[16] Evidentemente, este ruido provoca una cierta pérdida de precisión en la extracción de información, pero si la función de ruido se elige convenientemente, las respuestas que ofrezca la base de datos cuando un determinado registro de usuario está en la base de datos y cuando no lo está serán indistinguibles en la práctica. Seleccionando adecuadamente la función de ruido, el diseñador del sistema puede obtener el equilibrio apropiado entre el riesgo de violación de la privacidad y la utilidad de la información.

[17] La propuesta incluye el uso de diferentes algoritmos de privacidad diferencial para que diferentes empresas de taxi compartan sus datos entre ellas y con la administración para así conocer mejor los flujos de tráfico en la ciudad y poder realizar una mejor planificación y diseño de la movilidad urbana. Este sistema podría, por ejemplo, reducir la reticencia de empresas como Uber, Cabify, o las empresas de patinetes eléctricos a participar en sistemas de compartición de datos público-privados, proveyendo así de valiosa información a la planificación urbana y al tejido investigador.

[18] Por ejemplo, la empresa del Internet de las Cosas (*IoT*) Nest -fabricante de contadores y termostatos inteligentes domésticos- informó de que compartiría los datos de los usuarios con Google. En la información a los usuarios se les permitió excluirse del sistema de datos compartido en cualquier momento desvinculando sus dispositivos Nest de sus cuentas de Google. El incentivo que se ofrece al usuario en este caso es que Google Now, el asistente personal de Google por aquel entonces -un servicio basado en inteligencia artificial-, prestaría el servicio extra de permitir un control más fácil e integrado del termostato Nest. Ejemplos similares pueden encontrarse en todo tipo de negocios digitales, desde planificadores de viajes en línea hasta redes sociales.

[figura 5.2]

Esquema del funcionamiento de la privacidad diferencial.



[5.1.4] Contexto europeo

En una investigación previa bosquejamos un sistema de compartición de datos para promover un diseño urbano a la vez informado y participativo (Sarasa, 2016). Sus principales características se incluyen en la [tabla 5.1] (columna de la izquierda). Un año después, la red de ciudades Eurocities adoptó "los diez principios del dato ciudadano", una declaración que, reconociendo los escasos avances hasta la fecha en la puesta al servicio del bien común del enorme potencial que alberga el *big data*, buscaba impulsar la explotación del *big data* urbano para el bien común. La declaración de Eurocities arrojó una serie de principios que se muestran en la tabla 5.2 (columna derecha), y fue utilizada como marco en el diálogo que esta red llevó a cabo con la Comisión Europea durante los años siguientes.

[tabla 5.1]

. Principios rectores de los sistemas de datos compartidos propuestos por el autor (izda.) y adoptados por Eurocities (dcha.).

Esbozo de un sistema de datos urbanos compartido (elaboración propia)	Aplicación	Principios de dato ciudadano (Eurocities)
El **dato urbano** debe ser considerado un **bien público** y un **activo estratégico**. La analítica de datos a realizar en dicho sistema debería regularse, de manera a conseguir **beneficios comunitarios** Todo ello, a la vez que se refuerza la **privacidad digital** de los individuos pertenecientes a esas comunidades.	**NATURALEZA**	El **dato ciudadano** debe considerarse un **activo público**. Debe servir para la **mejora de nuestras ciudades**, y en beneficio del **bien común.** La frontera de cualquier aplicación del dato la establecen los derechos digitales, como la **privacidad y la seguridad**.
Establecer estructuras de gobernanza abierta, primando la **auto-gestión**. Otorgar un rol especial a los **Ayuntamientos como intermediarios de datos** entre ciudadanía y empresas. Abiertos a la participación de **múltiples agentes** para extraer **conocimiento** científico, abrir oportunidades de **negocio** y generar **dividendos económicos y sociales para el entorno local.**	**GOBERNANZA**	Se reconoce a los propios **ciudadanos como custodios** de su información Reforzar el papel de los **Ayuntamientos como engranaje** en la cuádruple hélice de la innovación abierta: **ciudadanía, administración, empresas y academia**. Se reforzará la **transparencia** en su explotación -especialmente al alimentar algoritmos automatizados de toma de decisiones o de inteligencia artificial-.
El sistema debe permitir **experimentos rápidos y baratos**, como una herramienta ágil y *lean start-up*, que use **métricas de éxito** definidas a priori. Función de **observatorio urbano**, con **representación geográfica dinámica de los flujos urbanos** para comprender mejor los cambios de la ciudad. Fomentar la **cooperación** entre donantes, analistas y receptores de datos, buscando situaciones de ganancia mutua frente a las compensaciones monetarias.	**METODOLOGÍA**	Se abre la puerta a la participación de los **laboratorios urbanos** surgidos en los nuevos centros de conocimiento. Se prescribe la máxima **calidad** para los datos, así como la **interoperabilidad** entre conjuntos de datos. Se llama a la **responsabilidad ética y social** al combinar conjuntos de datos para **extraer patrones**. Se promueve la **compartición** de conocimiento -que no de datos en bruto- entre el sector público y privado.

Uno de estos estudios, publicado solo un año después de la publicación de los Principios del Dato Ciudadano de Eurocities, fue el conducido por el Grupo de Expertos para la Compartición de Datos Público-Privada (Comisión Europea, 2020). Entre las recomendaciones de este grupo de expertos figuran la **transparencia**, la búsqueda de beneficios de **interés público** para la sociedad en su conjunto, la promoción de mecanismos de **donación altruista** de datos de la ciudadanía, el desarrollo de **guías éticas** de compartición de datos -coordinadamente con los principios éticos aplicables a la Inteligencia Artificial-, la **capacitación** de las instituciones públicas y, especialmente, la creación de entornos de experimentación, o ***sandboxes***[19] de datos.

Estos trabajos previos dieron lugar a la aprobación de las regulaciones que conforman el marco normativo actual en materia de compartición de datos. Pero antes de la aprobación de dicha regulación han aparecido numerosas plataformas en Europa de compartición de datos, financiadas por la propia Comisión Europea.[20] En general se trata de plataformas de compartición de datos que nacen con el objetivo de alimentar la toma de decisiones en la gestión y diseño urbanos. En ellas, su ambición está limitada por el hecho de que el marco normativo hasta la fecha en Europa -y, en general, en el mundo occidental- está muy influenciado por la protección de datos personales. Para evitar riesgos de incumplimiento de la legislación sobre privacidad, estas plataformas optan en gran medida por trabajar con datos no personales, lo cual limita su impacto.

En este contexto normativo de cierta contención en cuanto a las plataformas urbanas de compartición de datos, aparece el proyecto de Sidewalk Labs (filial de Alphabet, matriz también de Google), para Toronto. El proyecto, llamado *Quayside* o *Toronto Tomorrow*[21] desbordó en su momento -años 2019 y 2020- el marco normativo existente, causando gran revuelo entre la comunidad tecnológica debido tanto al "qué", el uso intensivo que se hace de los datos -incluidos los personales- como al "quién", Google, una de las empresas que más información personal maneja. *Toronto Tomorrow* originó una descarnada pugna entre la sociedad civil y económica de la ciudad -activistas pro derechos digitales, pero también pequeños empresarios y promotores- y la empresa Sidewalk Labs, cuya tensión acabó salpicando también a las tres administraciones -nacional, provincial y local- tras el proyecto, agrupadas en torno al consorcio público *Waterfront Toronto*.

[5.2] ANÁLISIS CRÍTICO DE *TORONTO TOMORROW*

Toronto Tomorrow resulta de interés para la investigación porque incorpora toda una batería de propuestas tecnológicas y organizativas para aplicar la **analítica de datos** al **diseño urbano**, propone un esquema de **innovación abierta** basada en el concepto de *living lab* y utiliza profusamente **indicadores** para establecer los objetivos del proyecto en cada una de sus vertientes, incluida la del espacio público. Como muestra la [figura 5.2], el proyecto se estructura en 5 capas horizontales (Sidewalk Labs, 2019): las infraestructuras bajo tierra que albergan las redes de suministro, la

[19] La figura del *sandbox* para experimentar con *big data* urbano será parte de las herramientas propuestas en la investigación y a la que se dedica buena parte de los capítulos 6 y 7.

[20] Por ejemplo, a través de programas como Horizonte 2020 o Urban Innovative Action (UIA)

[21] Se ha optado por referirnos al proyecto por el nombre usado por Sidewalk Labs porque la mayor parte de la documentación técnica a la que la tesis hace referencia coincide en su mayor parte con este nombre, si bien al proyecto se le conoce popularmente como Quayside, nombre de la zona a desarrollar.

infraestructura viaria o de movilidad, el espacio público, los edificios y, finalmente, conectándolo todo, una capa "ubicua" digital compuesta por datos, sensores y *software*-.

El análisis del caso de *Toronto Tomorrow* que a continuación se realiza parte de una descripción relativamente esquemática de los elementos del proyecto más relacionados con el ámbito de la tesis -espacio público, movilidad, servicios e infraestructuras urbanas, innovación y gobernanza- para después aplicar el marco previamente construido en los anteriores capítulos -estructura en red, elección del lugar, procesos relativos al diseño urbano físico y digital ágil e iterativo, dimensión psicológica, uso y compartición del *big data* urbano, la ciudad como un *living lab*, o el conflicto entre la función logística y social de la ciudad-. Y, por supuesto, el rol del dato -su recolección, uso, explotación, propiedad y gobernanza-, como elemento vertebrador de la propuesta. Y aunque las descripciones que se aportan van alineadas con el enfoque de la investigación -más centrado en los procesos que en los aspectos formales del diseño-, se han incluido los aspectos formales imprescindibles para comprender el grado de innovación que al diseño urbano aporta la fallida propuesta de Sidewalk Labs.

[5.2.1] Espacio público

La visión que Sidewalk Labs proyecta para el espacio público consiste en "un sistema de calles, parques, plazas, y espacios abiertos que anime a la gente a pasar más tiempo afuera, juntos" (Sidewalk Labs, 2019). Cita expresamente las ideas de Jan Gehl como guías en la concepción de un espacio público de preferencia peatonal y ciclista frente al uso automovilístico. No obstante, aunque el concepto parezca sensible a una cierta función social, en realidad se proyecta un **espacio público donde lo físico y digital se entremezclan pero orientado a una función logística**, optimizadora, puesto que nada queda al azar y todo está sometido a una lógica productiva controlada por algoritmos que, alimentados por los datos que se recogen de todas las actividades humanas en tiempo real, reconfiguran el espacio y sus usos para llegar a los objetivos marcados. Nada más lejos de la concepción de la ciudad como teatro social Henri Lefebvre (1968) o del urbanismo liberador de Guy Debord (2022).

Consecuentemente con esa óptica optimizadora, el proyecto se acompaña profusamente de **objetivos cuantitativos**. Uno de ellos promete generar un 91% más de espacio público en *Toronto Tomorrow* que en los bulevares principales de la ciudad.[22] La materialización de este objetivo se conseguiría mediante aceras más anchas a costa de calzadas más estrechas, eliminando la fila de aparcamientos a cada lado de las calzadas, y reduciendo tanto la anchura como el número de carriles para los automóviles. Las aceras estarían a "cota cero" -al mismo nivel que la calzada- para una mayor accesibilidad. Además de más espacio público, se propone un tipo de pavimento calefactable que permita el uso del espacio público durante un 35% más de días a pesar de los severos inviernos de Toronto -donde la temperatura media en los meses de invierno no supera los cero grados centígrados-.[23]

[22] Es habitual que en el documento MIDP cada propuesta esté encabezada con un indicador. Más adelante se analiza este aspecto particular.

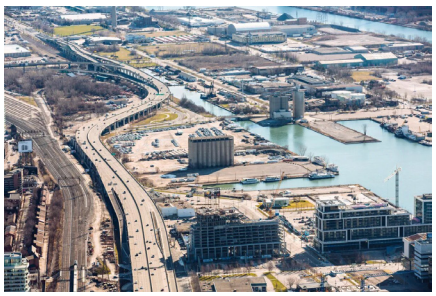
[23] Véase https://weatherspark.com/s/19863/3/Average-Winter-Weather-in-Toronto-Canada

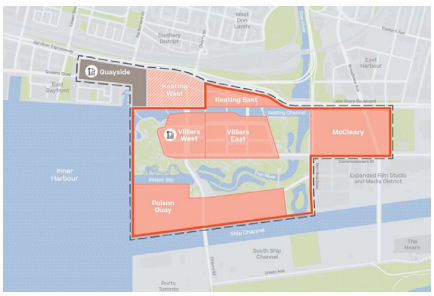
[figura 5.3]

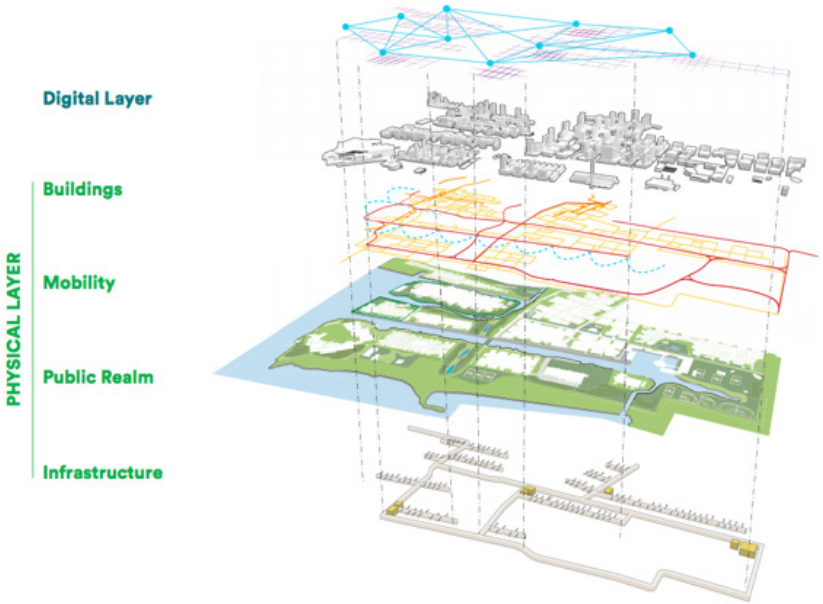
(arriba, izda.) Proyecto de revitalización del *waterfront* del lago Ontario.

(arriba, dcha.) Área de *Toronto Tomorrow*, con el ámbito inicial del Quayside que luego se expandió a todas las Portlands (perímetro rojo).

(abajo) Estructura del proyecto *Toronto Tomorrow* en cinco capas, cuatro de ellas físicas y una digital. Sidewalk Labs representa tres de ellas -digital, movilidad e infraestructuras- con la consabida estructura en red.







Sidewalk Labs propone construir una infraestructura en el espacio público que permita la experimentación en él por parte de terceras partes -habitantes, asociaciones, empresas-. Se permiten las proyecciones en pantallas, la conexión de nuevos servicios y dispositivos a través de los postes y conectores estándar instalados en el espacio público, o la realización de eventos, pudiendo incluir despliegues de elementos *pop-up* como tenderetes, escenarios, etc. Para conocer el impacto de cada "experimento", se recogen y analizan datos de ocupación y de actividad.[24] Concebido para funcionar como una especie de "máquina de estar", siempre ha de ofrecer algo diferente al viandante para cumplir sus objetivos de nivel de uso.

Para lograr esa función logística del espacio público, se propone un **sistema de regulación dinámica** de las licencias de ocupación de la calle.[25] Así, un mismo espacio podría estar destinado a aparcamiento, a un puesto callejero o a una terraza en función del día, de la hora, y de las peticiones de actividad que reciba el ente regulador -que ya no es el Ayuntamiento de Toronto, sino la "Alianza por el espacio abierto" u *Open Space Alliance*, un nuevo ente a crear propuesto por Sidewalk Labs y cuya naturaleza jurídica no se especifica-. En la visión de la *smart city* de Sidewalk Labs la potestad regulatoria puede estar al margen de la administración. Sidewalk Labs propone que la "adaptabilidad" sea un factor a medir y conlleve un objetivo a alcanzar, de manera que con el sistema de regulación dinámica propuesto la adaptabilidad del espacio público aumentaría en un 15%. Sin embargo, el proyecto no incluye ni una definición precisa de esta magnitud, ni la forma de medirla, ni la base de referencia sobre la que se calcularía el objetivo del 15%.

Para conseguir los anteriores objetivos de cantidad, porcentaje de uso y adaptabilidad del espacio público, propone el **uso intensivo de la tecnología digital combinada con el diseño físico**. Por ejemplo:

- Un sistema de información geográfica y de inventario del mobiliario público en tiempo real.
- Campos deportivos o potreros inteligentes que se reconfiguran según los usos.
- La mencionada app *CommonSpace* para gestionar el uso del espacio público por parte de las personas vecinas del barrio.[26]
- Embaldosado modular, en base a hexágonos que, de manera análoga al suelo técnico de algunos edificios de oficinas, puedan fácilmente dar acceso a las infraestructuras. Además, estos módulos llevarán pequeños orificios para hacerlos permeables y así evacuar mejor el agua o la nieve. [figura 5.4 (abajo)].
- Sidewalk Labs también pone a disposición de los técnicos municipales una herramienta de planeamiento que utiliza inteligencia artificial generativa para aumentar el rango de combinaciones y mejorar el resultado del proceso de diseño de nuevos barrios y espacios públicos.

[24] A través de una app llamada *CommonSpace* desarrollada por Sidewalk Labs en asociación con el Gehl Institute.

[25] El afán por la maximización del uso en el espacio es parte de una tendencia consustancial con el mercado inmobiliario, "en buena medida un juego consistente en añadir valor al terreno mediante la intensificación de su uso" (Mitchell, 2007). Cuando ello conlleva un uso intensivo de la tecnología, como en el caso de proyectos *smart city*, resulta más sencillo hacerlo en promociones nuevas -como es el caso de *Toronto Tomorrow*- en las que, según Mitchell, el coste de la introducción de tecnologías innovadoras es "prácticamente marginal".

[26] En realidad se trata prácticamente de una app de reservas, por lo que decir que la vecindad gestiona el espacio público por el hecho de poder reservar su uso es tanto como afirmar que los usuarios gestionan un centro deportivo por poder reservar en él las pistas.

- Propone un sistema de fachadas retráctiles y de toldos inteligentes -transparentes, hinchables e impermeables) en las fachadas de los locales comerciales, parecidos a invernaderos, que permita aprovechar dicho espacio en las adversas condiciones climatológicas de Toronto. El sistema de las fachadas retráctiles se denomina "STOA" (las "estoas" griegas eran los pórticos del ágora), y también tiene en cuenta la fácil modificación de los conductos de cables e instalaciones, de manera que, según Sidewalk Labs, se disminuyeran los costes de la renovación de locales comerciales en un 50%, facilitando los cambios de inquilinos y usos.
- Una herramienta digital de escaparatismo *on-line* para los comercios, de manera que puedan mostrar sus productos en la red y se permita la compra electrónica.
- Una nueva plataforma digital, llamada Collab, que permite a los habitantes y comerciantes el auto-diseño de eventos y espacios. El sistema incluiría la gestión de permisos de uso del espacio público.

La "Alianza por el Espacio Abierto", según se recoge en el MIDP, es una entidad sin naturaleza jurídica clara pero en la que participarían la comunidad de profesionales o empresas innovadoras interesadas en probar sus invenciones para el espacio público en la zona. Asimismo, se propone que dicho ente tenga competencias en participación ciudadana, al otorgar la capacidad a las comunidades locales de impulsar su propia programación del espacio público.[27] Si bien es cierto que la "Alianza por el Espacio Abierto" presenta un evidente riesgo de suponer una **privatización "de facto" de la gestión del espacio público** al erigirse como autoridad intermedia entre la ciudadanía y la administración, también es cierto que, bajo la adecuada supervisión pública, podría resultar una figura interesante para resolver el problema de la puesta del espacio público a disposición del tejido innovador o tecnológico, de manera que éste pueda usar dicho espacio como lugar de experimentación para nuevos servicios o elementos.

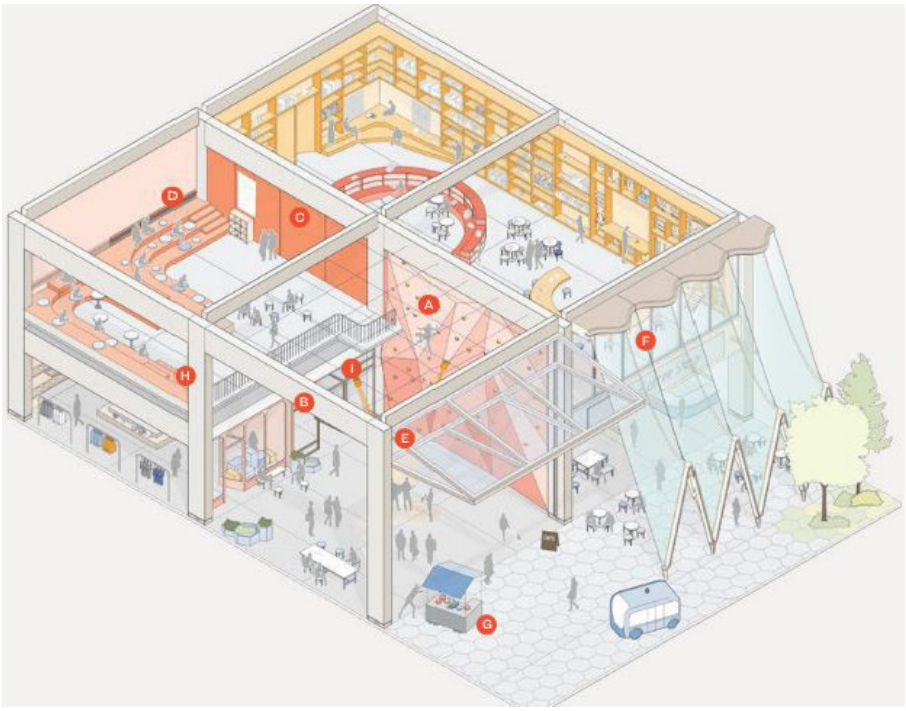
[5.2.2] Movilidad

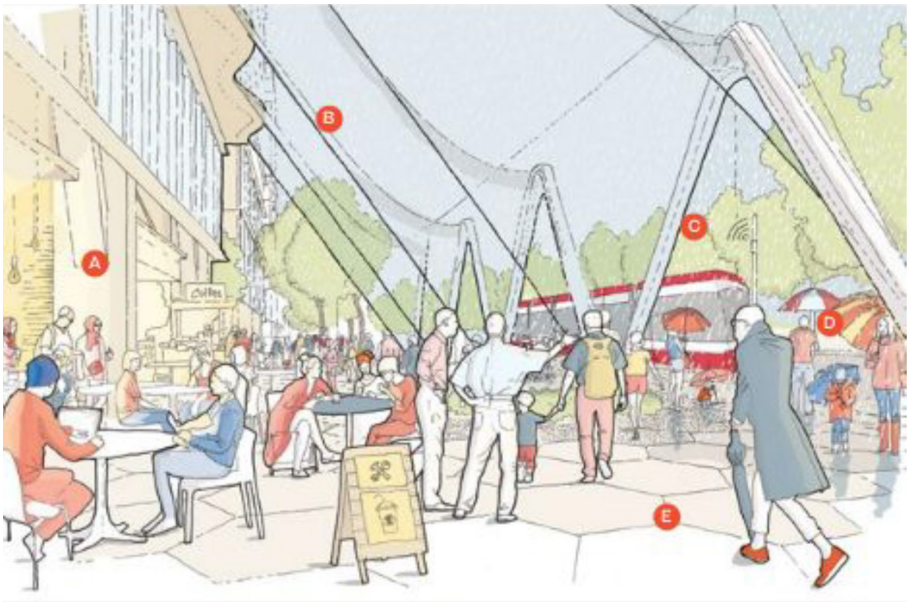
La propuesta de Sidewalk Labs relaciona en todo momento el diseño de la movilidad con el del espacio público.[28] Las mismas tecnologías que aparecen en el apartado de "Espacio público" -como los módulos STOAs o el pavimento calefactado- vuelven a aparecer en el diseño de la movilidad, ya que a través de un mayor uso del espacio público por parte del peatón se promueve el principal objetivo de la propuesta: un ***mix* de movilidad que minimiza el uso del automóvil**. Para conseguirlo, se proponen 3 ejes principales de actuación: transporte público -incluyendo inversión "auto-financiable" en nuevas paradas de metro ligero-, medidas para la peatonalización y promoción de la bicicleta, y promoción del vehículo autónomo en modo "servicio" -es decir, a través de flotas de servicios y no de vehículos de titularidad personal-.[29]

[27] Así, el Ayuntamiento de Toronto se retiraría de la gestión directa de espacio público, el cual pasaría a una gestión indirecta por parte de un ente cuyo control por parte de los poderes públicos no se define, más allá de ser una "entidad sin ánimo de lucro responsable del mantenimiento del espacio público, de su programación, así como de promover su uso para la experimentación de nuevas ideas".

[28] Existen, al menos, dos sólidas razones para ello: la primera -ya comentada anteriormente,- es la influencia del diseño de la movilidad en la vitalidad del espacio público comercial; la segunda opera en dirección contraria, pues se ha argumentado que el diseño urbano es fuente de una "movilidad natural" -o componente de base de la movilidad, al margen de la existencia o no de lugares de atracción-. (Hillier 1996).

[29] Los objetivos se presentan nuevamente con indicadores. Por ejemplo, el mix de movilidad propuesto arroja un 60.6% de viajes en transporte público, un 16.4% en bicicleta o a pie, un 6.7% en coche a través de empresas de movilidad -tipo Uber-, un 5.6% en autobuses escolares y en flotas de *car-pooling*, y un 10.7% en vehículo privado. Como referencia, la encuesta de movilidad realizada para la confección del Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) para una ciudad relativamente compacta como Zaragoza -representativa de las ciudades europeas de tamaño medio- arroja el siguiente mix de movilidad: un 23.71% de viajes en transporte público, un 48,8% en bicicleta o a pie, y un 26,88% en vehículo privado. (Ayuntamiento de Zaragoza, 2018)





[figura 5.4]

(Arriba) Vista de un módulo completo STOA: A) Techos a doble altura, B) Anchuras espaciosas entre columnas, C) Tabiques desmontables, D) Cableado bajo suelo técnico, E) Fachadas retráctiles, F) Protecciones impermeables para las terrazas, G) Kioskos móviles, H) Paredes de madera, I) Rejilla modular en techo.

(Abajo) Detalle del espacio público bajo un STOA: A) Espacio mixto interior-interior, B) Protecciones impermeables para las terrazas, C) Zona verde, D) Carriles bici, y E) Suelo técnico (hexagonal) con cableado por debajo. Fuente: Sidewalk Labs. MIDP.

Según Sidewalk Labs, la propuesta de movilidad "integra el diseño de calles, políticas innovadoras, y tecnologías de transporte innovadoras para cambiar el curso de la movilidad urbana". Ya se ha descrito en el apartado de "Espacio público" algunos rasgos novedosos del diseño de calles -como las anchuras y uso dinámicos-, por lo que cabe añadir aquí que el eje de promoción de la peatonalización y de la bicicleta incluye además avanzada tecnología de regulación semafórica sensorizada: en cada cruce, la plataforma tecnológica de movilidad -cuyos sensores detectan los vehículos, ciclistas y peatones en tiempo real- decide la priorización semafórica a aplicar. Ello implica que **la regulación viaria queda automatizada.**

También se **automatiza la movilidad personal**. Para los trayectos ocasionales que no admitan desplazamientos a pie o en bici, la propuesta propone servir la zona adecuadamente con servicios de VTC,[30] tipo Uber o Cabify a los que se refiere con el término *ride-hail services*. Gracias a una "nueva generación" de este tipo de servicios, los precios pueden ser suficientemente interesantes para que los habitantes del Quayside no precisen de coche propio. No obstante, Sidewalk Labs avanza que tampoco las empresas proveedoras de estas flotas de vehículos necesitarían tener conductores humanos: si ya el servicio de una empresa como Uber puede resultar atractivo en precio frente a un taxi convencional,[31] Sidewalk Labs calcula que eliminando el costoso -y antiguo- conductor podría ser incluso competitivo frente a nuestro propio automóvil.

Finalmente, plantea un **modelo extremo de colaboración público-privada en la expansión del transporte público** tradicional como el metro ligero o tranvía. Se trata de otro de los ejes de la propuesta que Sidewalk Labs considera clave, no solo para una movilidad más sostenible, sino para aumentar el atractivo de las viviendas en el *Quayside*. Sin embargo, a diferencia de la movilidad personal, la movilidad urbana colectiva no tiene un modelo de negocio rentable -por eso suele ser subsidiada con fondos públicos-. Para poder acometerla, Sidewalk Labs propuso -con gran revuelo- asumir la gestión de parte de los impuestos en el distrito, que serían reinvertidos en la construcción del metro ligero. Se trata de un área de actuación, donde nuevamente el proceso -cómo hacer que llegue el tranvía a este nuevo barrio y, sobre todo, cómo financiarlo- resulta mucho más interesante que el objeto.[32]

Como en todas las áreas verticales, la propuesta incluye un buen número de tecnologías y servicios digitales para la movilidad orientados a implementar la visión de Sidewalk Labs de una "movilidad conectada". Entre las más destacadas encontramos:

- Plataforma de gestión de tráfico inteligente, incluyendo sistemas de priorización semafórica, sensores de detección de vehículos, receptores de señalización de prioridades de paso, y un sistema de optimización y control.
- Sensores de detección de bicicletas y semáforos especiales, detectores de peatones, semáforos horizontales para peatones, incorporados en el propio

[30] Vehículo de Transporte con Conductor.

[31] Con la salvedad de que el cálculo de precios de flotas como Uber es dinámico en función de la demanda, frente a los taxis que poseen un precio estático, a lo sumo determinado por cuestiones de oferta -hora del día, dia de la semana, o lugar de recogida y depósito-. En relación al algoritmo de fijación dinámica de precios de Uber se ha puesto de manifiesto que éste tiene en cuenta distintas variables de contexto, entre las que se encuentra el nivel de carga de la batería del usuario -cuando el móvil está a punto de agotar la batería, el usuario está dispuesto a pagar más- (Martin, 2019).

[32] El asunto de la implantación del tranvía fue desde el principio un asunto espinoso. Sidewalk Labs había solicitado a *Waterfront Toronto* garantías de que el tranvía o metro ligero llegaría al Quayside antes del comienzo de su desarrollo, garantías que no obtuvo. Esta negativa llevó a Sidewalk Labs a plantear un atrevido esquema de financiación de los 1.200 millones de dólares canadienses que costaría la extensión del tranvía, ya que incluía la gestión del equivalente canadiense al impuesto sobre los bienes inmuebles. Gracias a ello, Sidewalk Labs afirmó poder incrementar el valor del suelo en 4.500 dólares canadienses a lo largo de un periodo de 20 años. La propuesta, que suponía la privatización de facto de la facultad recaudatoria municipal, suscitó fundadas críticas por parte de diversos ámbitos locales.

pavimento, y todo ello gestionado mediante un sistema de señalización de corto alcance (*beacons*) para rutas y navegación

- Sistema dinámico de gestión y configuración adaptativa de aceras.
- Detección automática de vehículos, sistema de comunicaciones para el vehículo autónomo.
- Pavimento adaptable ante condiciones meteorológicas cambiantes. Sistema de detección de humedad en el firme, y elementos de calefacción del mismo.
- Estaciones de recarga de vehículo eléctrico, incluidos sistemas de inducción (sin cables)
- Plataforma de Movilidad Como Servicio (*MaaS – Mobility as a Service*).[33]
- Sistema de reserva de plazas de aparcamiento gestionado por satélite.

Hay que hacer notar que en todas las anteriores propuestas tecnológicas, juegan un rol esencial la **recolección y analítica de *big data* urbano**. No se trata de datos estáticos, sino dinámicos, de gran volumen -los sistemas deben estar recogiendo datos sobre todos los peatones, vehículos y bicicletas-, velocidad -puesto que se recogen las variaciones a todas las horas del día-, variedad -ya que hay datos autogenerados por los usuarios, imágenes, datos satelitales, meteorológicos, temperatura y posición de elementos, etc- y valor, ya que gran parte de las potenciales ganancias de Sidewalk Labs como operador de la movilidad en *Toronto Tomorrow* depende de la explotación de estos datos. La presencia en la naturaleza de los datos de las cuatro componentes -volumen, velocidad, variedad, y valor- reúne las características canónicas para el *big data* enunciadas en la sección 5.1.3.

[5.2.3] Servicios e infraestructuras digitales

Como si del sistema nervioso de un organismo se tratara, esta parte de la propuesta de Sidewalk Labs incluye:

- los sensores de recogida de información -sensores instalados en el espacio público y en las viviendas, así como las aplicaciones en los *smartphones*,
- el *hardware* y el *software* de las plataformas centrales de procesado, y
- las redes para transmitir información entre todos estos elementos.

La visión que proyecta en esta capa consiste en "catalizar innovaciones digitales que ayuden a lidiar con desafíos urbanos, así como establecer un nuevo estándar de recogida y uso responsable de datos en las ciudades" (Sidewalk Labs, 2019). El vasto conjunto de infraestructuras digitales, sensores, redes, plataformas, apps, y *software* poseen, según Sidewalk Labs, carácter abierto. Sin embargo, los argumentos para ese supuesto carácter abierto - uso de estándares "claros" de accesibilidad de la información, establecimiento de un proceso de "confianza" para uso "responsable" de los datos, y desarrollo de un conjunto "mínimo" de servicios digitales-[34] lo hace **no equiparable a un sistema de código abierto** caracterizado por la libertad de uso, estudio, reconfiguración, copia y distribución que se muestran en la [tabla 4.1].

[33] *MaaS* es un concepto innovador de movilidad que combina diferentes modos de transporte "para ofrecer a los usuarios la posibilidad de ir de A a B de forma flexible, personalizada, a la carta y sin interrupciones, a través de una única interfaz" (Hietanen, 2014).

[34] Servicios cuya compra o desarrollo estarían, sobre el papel, abiertos a la competencia, aunque se reconoce que, en la mayoría de los casos, no se trata de soluciones que estén disponibles en el mercado. La puesta en marcha de dichos servicios serviría, según Sidewalk Labs, de verdadero catalizador del Quayside como ecosistema de innovación. Lo que Sidewalk Labs considera "conjunto mínimo de servicios digitales" comprende en *Toronto Tomorrow* alrededor de 160 servicios (Sidewalk Labs, 2019).

Obsérvese que los elementos descritos hasta ahora -conectividad, datos, plataforma de explotación de los mismos, servicios urbanos digitales desarrollados a partir de esos datos, y un centro o laboratorio físico para llevar a cabo la innovación- conformarían sobre el papel un verdadero *living lab* urbano, de acuerdo a cómo se han descrito en la sección 4.3.4. Ahora bien, procede aquí recordar la crítica de Alexander (1965) a la concepción en árbol de las ciudades que ya se ha señalado en capítulos anteriores y que constituye uno de los elementos de nuestro marco de análisis. Alexander aplica la crítica de las estructuras en árbol también a las organizaciones y, en este caso, la organización de la innovación que propone Sidewalk Labs toma claramente una estructura de árbol, en el que todas las ideas y experimentos provenientes de los diferentes agentes pasan por Sidewalk Labs.

Entre las infraestructuras de conectividad que componen la capa digital de *Toronto Tomorrow*, podemos citar:

- Red WiFi en el espacio público, a precio "asequible".[35] Red física -postes, cabinas, etc- para el montaje de servicios, grupos de sensores y antenas, en condiciones de neutralidad.[36]
- Red de fibra óptica o backbone -espina dorsal-.[37]

En la capa digital de *Toronto Tomorrow* la **estructura en árbol es más lógica que física**, puesto que los elementos físicos -sensores y actuadores, redes y plataformas centrales de proceso de información- se organizan en una tupida malla. Dicha malla, por el contrario, recoge y transmite datos para su tratamiento centralizado por un único ente: el *Urban Data Trust*, o también llamado *Civic Data Trust*. El sistema consistiría básicamente en un gran repositorio de datos recogidos de las diferentes redes de *Toronto Tomorrow*, al que se podrían también añadir otras fuentes de datos públicas o privadas. Al sistema se le podrían lanzar retos a los que los datos pudieran dar algún tipo de respuesta, por ejemplo, en materia de protección de la salud pública. Estaría conectado, por tanto, con el tejido científico y emprendedor, así como con los gestores públicos, quienes lo podrían utilizar como sistema de soporte a la decisión. Este organismo -sin respaldo legal en Canadá- fue criticado por la opinión pública, los medios, por el informe del auditor general de Ontario, por el propio panel de expertos digitales que asesoran a *Waterfront Toronto* y, finalmente rechazado (Austin y Lloyd, 2021). Tras las duras críticas recibidas, Sidewalk Labs lo sustituyó por el llamado *Data Collaboration Hub*, consistente en un gran centro de computación cuya función es la agregación de datos a escala urbana y el desarrollo de acuerdos para compartir dichos datos "en confianza" (Sidewalk Labs, 2019).[38] De nuevo se trata de un sistema que sobre el papel puede ofrecer ventajas -al poner los datos al servicio del progreso económico y social de la ciudad- pero que, debido a la naturaleza opaca de su gobernanza y a su autoría -Sidewalk Labs- siguió levantando enorme desconfianza (Artyushina, 2020).[39]

[35] A pesar de que es uno de los elementos del pilar de inclusividad digital, el MIDP no habla de Wi-Fi gratis: todo en *Toronto Tomorrow* tiene un precio.

[36] Esta red de postes constituiría el soporte físico de la futura infraestructura 5G -no incluida en la propuesta-.

[37] Aunque el operador de red no está incluido en la propuesta de Sidewalk Labs, hay que señalar que en 2014 *Waterfront Toronto* firmó un acuerdo con el operador Beanfielf Metroconnect para ofrecer en toda la zona el primer acceso de "ultra banda ancha", a precios finales "asequibles".

[38] Esta infraestructura estaría muy ligada a un nuevo Centro de Innovación Urbana a construir por Sidewalk Labs, también incluido en la propuesta, y que tendría la función de conectar los datos y la innovación con el tejido emprendedor y cívico (Sidewalk Labs, 2019).

[39] Para paliar esta desconfianza, Sidewalk Labs menciona como guía de diseño de su sistema de datos compartidos -y de los elementos de protección de la privacidad asociados- a los proyectos DECODE (Dyne Foundation, 2019) y X-Road (2023). DECODE es un proyecto financiado por la Comisión Europea con la participación de las ciudades de Amsterdam y Barcelona en el que la soberanía de decisión sobre el uso de los datos recae en los propios usuarios a través de tecnologías distribuidas como las cadenas de bloques o *blockchain*. X-Road es el gran proyecto de república digital de Estonia basado en un modelo opuesto, totalmente centralizado, en el que es el gobierno de la república báltica quien maneja la infraestructura digital, asegurando, eso sí, una gran dosis de transparencia en el acceso y utilización de la información personal de manera que la ciudadanía puede saber en todo momento quién accede a sus datos y el motivo. No obstante, no queda claro cómo Sidewalk Labs incorpora ambos modelos, puesto que en *Toronto Tomorrow* la infraestructura digital es totalmente centralizada -como en Estonia- pero, a diferencia del país báltico, en *Toronto Tomorrow* la infraestructura no es pública.

En aras de una mayor confianza, el proyecto remarca la idea de trabajar en un **estándar "claro" de acceso público a la información**, elaborado y propuesto eventualmente por la propia compañía Sidewalk Labs. En dicho estándar se incluirían también los medios para que la **protección y fiabilidad de la información**. En este sentido, resulta interesante destacar la aspiración del **acceso en tiempo real** a los datos urbanos por parte de la comunidad científica, emprendedora o cívica, lo cual establece un nexo claro con la siguiente sección en la que tratamos específicamente los procesos y elementos destinados a promover un desarrollo económico con la innovación de base tecnológica como motor.

[5.2.4] Innovación y gobernanza

La cuestión de la innovación resulta central en nuestra investigación, en la misma medida que es, al menos en teoría, central en la visión del proyecto de *Toronto Tomorrow*. No olvidemos que detrás de *Toronto Tomorrow* se encuentra la apuesta estratégica de crear un **ecosistema de innovación urbana** en torno al dato que impulse un desarrollo económico hacia sectores intensivos en el uso del conocimiento y la tecnología. En cierto modo, supone la llevanza al extremo de la tendencia detectada por Castells y Hall de construir distritos de innovación caracterizados por una "forma informacional de gestión". En *Toronto Tomorrow* la gestión del espacio público, de la movilidad, de la vivienda, de las infraestructuras y de la innovación -hasta un total de 160 servicios urbanos- se realizan a través de la explotación de la información y a los algoritmos que alimenta. El dato se constituye así en el elemento central del distrito.[40]

Sidewalk Labs impulsa la **privatización de la gobernanza**, mediante la creación de 5 entidades de gestión en el Quayside al margen de la estructura del Ayuntamiento de Toronto, una por cada uno de los niveles de los que se compone la propuesta.[41] Además de la "Alianza por el Espacio Público" y del *Collaborative Data Hub*, explicados en una sección anterior, la gobernanza del distrito se completa con:

- La Asociación de Gestión del Transporte del Waterfront, responsable de la gestión de la movilidad a través de los sistemas digitales expuestos en la sección acerca de la movilidad en el MIDP. Entre ellos, el conteo de peatones, ciclistas y vehículos y las correspondientes adaptaciones en las aceras, carriles bici y prioridad semafórica, los sistemas inteligentes de precios, la carga y descarga, la gestión del uso de las plazas de aparcamiento, etc.
- El Fondo de Vivienda del Waterfront, de carácter privado, que financiaría las políticas de vivienda de *Toronto Tomorrow*.
- La Asociación por la Sostenibilidad del Waterfront responsable de gestionar la red de climatización a nivel de distrito. Entre sus roles, se encontraría la facultad de realizar las contrataciones de las empresas distribuidoras energéticas y la monitorización del uso y consumo energético en los domicilios (Sidewalk Labs, 2019).

[40] La materialización de esta visión "data-centrista" topa en *Toronto Tomorrow* con las condiciones de contorno que la normativa establece: umbrales mínimos de vivienda social, límite a la extensión geográfica del proyecto, insuficientes compromisos de inversión por parte de las administraciones (por ejemplo, en materia de transporte público), normativas de planeamiento, respeto a la legalidad en materia de privacidad, etc. Sidewalk Labs, a lo largo de toda la vida del proyecto, intentará relajar las condiciones de contorno, de igual forma que los guardianes de la cosa pública tratan de mantenerlas firmes. En medio del tira y afloja se encuentra el organismo público promotor, *Waterfront Toronto*, que ha de lidiar con la presión por las dos partes, con desigual acierto.

[41] Un modelo que que permitía a Sidewalk Labs comenzar a recaudar ingresos de explotación desde prácticamente el inicio del proyecto, ya que el principal operador y el principal suministrador de tecnología para esa gestión sería la propia empresa, a quien el Ayuntamiento de Toronto debería contratar el mantenimiento y la operación de todos los sistemas tecnológicos.

La difuminación de la vigilancia pública en la estructura de gestión urbana de *Toronto Tomorrow*, junto a la ausencia de **estándares éticos** claros y reconocidos en el *software*, amplifica los riesgos de vulneración del derecho a la no-discriminación por parte de los algoritmos, y de las decisiones que, bien automáticamente, o a través de informes, puedan tomarse a resultas de ello. A este respecto, cabe añadir que el riesgo de la existencia de sesgos u opacidad en los algoritmos no es un asunto que afecte exclusivamente a las empresas. La complejidad de auditar los algoritmos de inteligencia artificial que proporcionan servicios públicos por parte de las administraciones ha sido convincentemente puesta de manifiesto (Rodríguez, 2021).

Aunque sobre el papel Sidewalk Labs pretendía formalmente convertir *Toronto Tomorrow* -a través de la explotación del los datos- en una **"plataforma de innovación urbana"** para que empresas locales desarrollaran y probaran sus productos alrededor del concepto de *smart city* en condiciones reales, en realidad nunca quedó clara la participación del tejido tecnológico local en el proyecto, ya que de entrada Sidewalk Labs se reservó el papel central de "proveer servicios digitales" en las áreas de "transporte, vivienda, energía, o espacio público" (Sidewalk Labs, 2019). A la hora de la verdad, Sidewalk Labs fue muy restrictivo en cuanto a la **propiedad industrial** de las futuras innovaciones surgidas en el distrito, no permitiendo que las empresas pudieran utilizar las patentes obtenidas fuera de Canadá.

Finalmente, aunque la retórica del proyecto abogaba por una innovación al servicio de la ciudadanía, un escrutinio a un aspecto concreto como la vivienda muestra un destino de los beneficios de la **innovación al servicio de los intereses inmobiliarios**, verdadero motor del proyecto. Como muestra, hay que señalar que muchos de los pisos proyectados en *Toronto Tomorrow* -construidos, eso sí, en madera de los bosques de Ontario- eran pequeños, caros y con zonas comunes compartidas. Sidewalk Labs eliminó sistemáticamente de las viviendas las zonas de almacenamiento argumentando que, en la era de las compras *on-line*, los anticuados armarios no eran tan eficientes como un sistema de compras en tiempo real en el que los sensores instalados en nuestro domicilio enviaran la información de nuestras necesidades automáticamente a una plataforma logística cercana.

[5.2.5] Conclusiones

Aplicamos a continuación el marco construido en la investigación para establecer las principales conclusiones del análisis de lo que representa *Toronto Tomorrow* en la idea de un diseño y gestión urbanos con el dato como herramienta. En primer lugar, lo hacemos en base a las premisas establecidas en el capítulo 2:

- **Raíces históricas** de la filosofía de la propuesta: *Toronto Tomorrow* declara estar inspirado en Jan Gehl. De hecho, la app que organiza y gestiona la experimentación y re-configuración del espacio público -*CommonSpace*- ha sido co-diseñada por el Instituto Gehl. No obstante, en *Toronto Tomorrow* la ciudad funciona como una máquina de precisión. Guiadas por algoritmos

que a su vez se alimentan de datos, las viviendas, las tiendas, el espacio público y las infraestructuras se reconfiguran y maximizan sus prestaciones en base a objetivos productivos. *Toronto Tomorrow*, de haberse hecho realidad, hubiese sido u**na ciudad-máquina en versión digital**, más cercana a los planteamientos de Le Corbusier.

- **Paradigmas** de la disciplina del diseño urbano:[42] el gran proyecto de revitalización del frente fluvial del Lago Ontario presta una gran atención al diseño urbano entendido como arquitectura del paisaje (Minner, 2020). Sin embargo, esa atención al paisaje no se encuentra presente en la propuesta de Sidewalk Labs. Por el contrario, *Toronto Tomorrow* es evidentemente una apuesta, en primer lugar y desde su concepción, por el **crecimiento inteligente propio del paradigma tecnológico**. Además, para Sidewalk Labs no sólo el espacio público posee un fuerte componente infraestructural sino que se engloba bajo diseño urbano una capa de fuerte carga infraestructural como la movilidad.
- **Laboratorios** de diseño urbano. El proyectado nuevo distrito es, todo él, un laboratorio o ***living lab*** **de gestión centralizada**. En el apartado de espacio público la infraestructura está preparada para la prueba de ideas y servicios. Los resultados de estos experimentos se miden a través de la app *CommonSpace*, y se gestionan por parte de la *Open Space Alliance*, quien es *de facto* el gestor de la innovación y de la experimentación en el gran laboratorio urbano que el espacio público de *Toronto Tomorrow* constituye.
- Lo **digital como objeto** de diseño. *Toronto Tomorrow* incorpora lo **digital radicalmente en el objeto de diseño**, hasta el punto de que se difumina la frontera entre lo digital y lo físico. Lo digital modela a lo físico a través de los sistemas automatizados que lo reconfiguran y, en sentido contrario, lo físico sirve de soporte para una tupida malla de infraestructura digital -sensores, actuadores y *displays*-.
- **Innovación en procesos**: se trata de un **aspecto poco trabajado** en la propuesta de *Toronto Tomorrow*, que hace más hincapié en la innovación en el objeto o producto final que en la manera de llegar a ello. No obstante, merece la pena señalar dos aspectos de innovación en procesos. En primer lugar, el **uso de Inteligencia Artificial generativa** en el diseño urbano que permite, según la propuesta, maximizar parámetros como edificabilidad, espacios abiertos, o insolación. En segundo lugar, la componente de participación ciudadana es profusamente mencionada en la documentación técnica (Sidewalk Labs, 2019), especialmente tras la primera oleada de críticas ciudadanas a los planes iniciales. Sin embargo, no se explicita ninguna metodología concreta de participación cívica más allá de reuniones con los ciudadanos para recoger y discutir los planes para el nuevo distrito, un proceso criticado por su escasa profundidad y su orientación más hacia la mercadotecnia que hacia la consecución de un verdadero proceso urbanístico participativo (Nelischer, 2022).

[42] Es preciso recordar las 7 orientaciones de diseño urbano recogidas en el capítulo 3 “Premisas”: 1) puente entre arquitectura y planeamiento, 2) arquitectura del paisaje, 3) implementación de políticas públicas usando la forma como herramienta, 4) la arquitectura de la ciudad, 5) una herramienta de construcción social, 6) un instrumento para un crecimiento urbano inteligente, y 7) la infraestructura de la ciudad.

- **La ciudad como sistema complejo**: la propuesta no parece reconocer la complejidad y diversidad de la ciudad, ni tampoco su carácter ecosistémico. Contrariamente, contempla la **gestión centralizada** de la ciudad. Además, en muchos aspectos la propuesta destila la idea de que el rol de los habitantes y empresas es servir al proyecto, y no al revés.[43] Dado que los grados de libertad se reducen en multitud de aspectos, el proyecto se aleja de la concepción urbana ecosistémica.
- **Diseño urbano evolutivo**: aunque a gran escala el proyecto no contempla un diseño urbano iterativo, sí se permiten **experimentos a pequeña escala controlados** por un mecanismo de gobernanza privado como la Alianza por el Espacio Abierto. Aunque ello viene acompañado de una cierta libertad regulatoria en el uso del propio espacio -que posibilita realizar eventos y actividades en modo *pop-up*- y de un sistema de evaluación como algoritmos y sensores que permiten la toma de datos y la extracción de resultados tras cada cambio. De todas formas, habiendo señalado lo anterior hay que subrayar asimismo que **la propuesta no incluye una metodología clara de experimentación** ni de evaluación.
- **Metodologías ágiles**: no se mencionan, aunque es de suponer que las innovaciones que se crearán en el *living lab* que constituye *Toronto Tomorrow* las usarán, ya que es un tipo de metodología ampliamente usada en el mundo digital.
- **Función logística contra función social**: como se ha señalado en el primer epígrafe, es patente la visión logística imbuida en el proyecto. Tanto en el sentido literal de la logística[44] como en el sentido figurado argumentado en el capítulo 3 "Premisas". En este último sentido, ya se ha señalado cómo Sidewalk Labs considera la infraestructura viaria como un sistema transportador de personas, ciclistas y vehículos que debe cumplir unos ciertos objetivos de rendimiento. De igual manera, el **espacio público cumple una función logística** y debe estar operativo un determinado porcentaje del año, permitir un determinado número de interacciones entre personas -aquí lo social se reduce por tanto a un asunto cuantitativo- y aumentar su flexibilidad de usos en un porcentaje marcado de antemano.
- ***Big data*** urbano. *Toronto Tomorrow* resulta el paradigma del uso del *big data* para diseñar y gestionar la ciudad. Como se ha señalado **el dato es el protagonista central** de la visión de Sidewalk Labs, y su recogida y explotación cumple más una función logística -y, por ende, económica- que social. La lógica inmobiliaria explicaría esta apuesta por la optimización de recursos económicos a obtener a través de la profusa analítica de datos urbanos que el proyecto contiene a través de todas sus capas (Sarasa, 2020).[45] Evidentemente, el *big data* que Sidewalk Labs considera como materia prima principal está compuesto de datos personales: lo que los habitantes consumen, cómo se mueven, sus opiniones o su actividad dentro y fuera de sus viviendas.

[43] Por ejemplo, en el apartado de vivienda se exprimen al máximo las superficies y el concepto de propiedad. De hecho, se proponen fórmulas imaginativas de compartición de viviendas entre varias familias (*co-living*), de supresión de superfluas despensas y armarios -toda vez que un algoritmo puede pedir nuestra comida en tiempo real- y de eliminación de plazas de aparcamiento en calles y edificios -ya que la movilidad estaría "uberizada" (sic) y no sería necesario poseer vehículo propio- (Sidewalk Labs, 2019). Todas las anteriores cuestiones, que deberían en principio considerarse como opciones a elegir libremente, devienen en obligatorias toda vez que el diseño urbano está concebido para no dejar otra opción en la práctica.

[44] Al existir multitud de innovaciones en ese terreno, como los robots que transportan la basura por galerías subterráneas o la automatización de las compras en función del historial de consumo de los usuarios y de los niveles de existencias de productos de primera necesidad en los domicilios.

[45] Por mencionar solo dos aspectos, la reducción de superficies en viviendas combinado con fórmulas económicas de acceso a las mismas ciertamente opacas permitiría un aumento de los márgenes inmobiliarios. Y la optimización del uso del espacio público en términos del ratio entre uso y superficie a través de los diversos sistemas de *big data* e inteligencia artificial explicados anteriormente permitiría ganar espacio para edificios.

Teniendo en cuenta la potente lógica económica que el uso de datos personales comporta en *Toronto Tomorrow*, se entienden mejor las profundas tensiones que este asunto ocasionó entre los promotores y la sociedad civil de la ciudad.

- **Una geografía temporal de la percepción**: la propuesta incluye un **repositorio geoespacial digital en tiempo real** que muestra el estado del espacio público y permite la gestión de jardines y huertos, así como el mantenimiento y la gestión del espacio público mediante aplicaciones de reserva de espacios. No obstante, no queda claro en qué medida este sistema incluye aspectos perceptivos. Aunque no se mencione explícitamente la elaboración de un mapa perceptivo en tiempo real, la tecnología para conocer los aspectos perceptivos de los usuarios del espacio público está en principio contemplada,[46] lo que abre un nuevo motivo de cautela. En este aspecto, y dada la naturaleza privada y opaca en *Toronto Tomorrow* de la gobernanza, de los sistemas de tratamiento de datos, y de los algoritmos que los explotan, la elaboración de una geografía temporal de la percepción que permitiera conocer la experiencia psicológica de las personas usuarias del espacio público probablemente **constituiría un riesgo añadido** que no estuviera justificado por las potenciales ventajas en materia de diseño.

[46] La propuesta incluye el uso intensivo de cámaras en el espacio público para conteo de peatones, ciclistas y vehículos y como soporte a los algoritmos de ordenación de la movilidad. Aunque Sidewalk Labs menciona que el uso de las cámaras será únicamente para conteo, eliminándose las imágenes para evitar otros usos que pudieran colisionar con el derecho ciudadano a la privacidad (Sidewalk Labs, 2019).

Cabe detenerse en este último aspecto para establecer una última conclusión. Como se explica en la primera sección de este capítulo "Compartición de datos público-privada", la posibilidad de unir bases de datos de las administraciones públicas y de las empresas ha suscitado un creciente interés entre técnicos y académicos de la cuestión urbana por su gran potencial para ampliar nuestro conocimiento sobre las dinámicas urbanas y para aplicarlo a mejorar nuestras ciudades tanto en su gestión como en su planificación y diseño. El hecho de que esos datos contengan la huella digital de los habitantes de la ciudad no hace sino ampliar su potencial para crear valor. Sin embargo, la implementación práctica de estos sistemas ha ido por delante de la normativa que lo regula, y es en este contexto en el que la propuesta de *Toronto Tomorrow* cobra una relevancia especial, al poner de manifiesto en el mismo plano tanto las posibilidades de los sistemas de compartición de datos público-privados -más que nadie había hecho antes- como los riesgos de que tales posibilidades se implementen sin el adecuado control público ni una normativa clara al respecto.

Entre las objeciones de los defensores de los derechos digitales al proyecto *Toronto Tomorrow* figuraban cuestiones concretas como la falta de transparencia acerca de los planes de Google en el ámbito tecnológico, así como inconcreción sobre qué datos se recogerán, su manejo y fines. Pero también cuestiones de fondo que tienen que ver con el respecto a los derechos digitales y, más generalmente, con el derecho a la ciudad (Jacobs, 2022). "Entregar la gestión de la vivienda, el espacio público, la movilidad, la energía y la tecnología a Google, o mantenerla en manos públicas. Esa fue siempre la cuestión" (Arnal y Sarasa, 2021).

De haber tenido éxito, *Toronto Tomorrow* "habría demostrado que el modelo de "ciudad inteligente" sensorizada que ya ha sido abrazado en China o el Golfo Pérsico podía tener un sitio en sociedades más democráticas" (Jacobs, 2022). Su fracaso, y las razones que lo propiciaron, parecen haber dejado una lección diferente a tenor de los planes para ese mismo distrito que se han hecho públicos recientemente. El nuevo proyecto, llamado **Quayside 2.0**, pretende conseguir las cero emisiones e incluye una granja urbana sobre un edificio de madera maciza, varias hectáreas de zonas verdes públicas y más de 800 viviendas realmente asequibles: "el cambio filosófico que señala el nuevo plan, con su énfasis en el viento y la lluvia y los pájaros y las abejas en lugar de datos y más datos, parece una respuesta pragmática a las exigencias del momento presente y del futuro próximo".

Volviendo de nuevo el marco de análisis del capítulo 2, de la experiencia de Toronto podemos concluir que quizás, después de todo, el urbanismo verdaderamente inteligente que "permitirá construir nuestras ciudades de hoy presente sin comprometer las generaciones del mañana" (Mitchell, 1999), capaz de atraer a la ciudad a una "clase creativa" convertida cada vez más en la "clase ecológica" que anticipó Bruno Latour, sea, en definitiva, el urbanismo "verde".

[figura 5.5]

(Izda.) Recreación del proyecto *Toronto Tomorrow* (Fuente: Sidewalk Labs).

(Dcha.) Vista del nuevo proyecto para la zona, llamado *Quayside* 2.0. (Fuente: *Waterfront Toronto*)

[5.3] LÍMITES Y POSIBILIDADES DEL NUEVO MARCO NORMATIVO EUROPEO

La propuesta de Sidewalk Labs sacó a la luz pública un tipo de sistemas de compartición de datos que ya se llevaban tiempo proyectando en muchas ciudades -al menos en el seno de Europa- y que quizá no habían sido escrutados hasta ese momento con la suficiente atención. Como pretendía hacer el polémico *Data Collaboration Hub* proyectado para Toronto, estos sistemas se conectan con la planificación y gestión urbanas, y en mayor o menor medida también con el tejido innovador y científico. Su concepción y despliegue ponen sobre la mesa algunas cuestiones sobre las que quizá la legislación en materia de protección de datos hasta ahora no ha sido lo suficientemente precisa. Por ejemplo:

- **El acceso a los datos y su explotación compartida** por parte de las administraciones públicas y las empresas,
- **La recogida de datos en espacios públicos**, donde no existe algo equivalente a las llamadas cookies digitales, que uno pueda aceptar o rechazar,
- El rol de los ayuntamientos para garantizar el uso de todos estos datos para el **bien común**.

Posiblemente influenciado por el latente surgimiento de esas plataformas de compartición de datos, en paralelo al debate sobre las implicaciones sobre los derechos digitales alrededor de *Toronto Tomorrow,* la Unión Europea comenzó la elaboración de un cuerpo legislativo en materia de compartición de datos. Las normas principales de ese nuevo marco legislativo, que excede y complementa en Europa a las regulaciones existentes en materia de privacidad para compaginar ésta con el acceso a la información personal por parte de empresas y administraciones, serán expuestas en relación al potencial de su aplicación al diseño urbano al final del presente capítulo.

Toronto Tomorrow reveló tanto las enormes posibilidades de sacar partido para la gestión y diseño urbanos de los esquemas de compartición de datos como sus riesgos. Parecía necesario desarrollar una batería normativa que permitiera la compartición de datos de carácter personal para ser usados en pos del bien común sin comprometer la privacidad de sus propietarios.

[5.3.1] Introducción a la *European Data Act*

Se trata de una norma europea cuyo objetivo principal consiste precisamente en **regular la compartición de datos**, unos datos cuya mayor parte se producen en las ciudades y, bien utilizados, pueden servir para mejorar nuestra vida en ellas. La *European Data Act* (Comisión Europea, 2022) no puede entenderse como una norma aislada, sino que es parte de la Estrategia Europea del Dato (Comisión Europea, 2020b),[47] que comprende la regulación de las tecnologías y mercados implicados en la economía del dato: *big data*, Internet de las Cosas (*IoT*) e Inteligencia Artificial, entre otros.

[47] Las más importantes son: el Reglamento General de Protección de Datos (Parlamento Europeo, 2016), encargado de "la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de los datos personales y las normas relativas a la libre circulación de tales datos", la Directiva 2019/1024 (Parlamento Europeo, 2019), relativa a los datos abiertos y la reutilización de la información del sector público, la Directiva de Gobernanza del Dato (Comisión Europea, 2020c), que regula qué datos en poder de las administraciones y las empresas pueden -y deben- compartirse, la Directiva INSPIRE (Parlamento Europeo, 2007), que regula los datos de información geográfica, y la Digital Markets Act (Comisión Europea, 2023), que pretende corregir los desequilibrios en el mercado debido a la posición dominante que las grandes empresas poseen en torno a -y gracias a- los datos que recogen.

La compartición entre empresas y gobiernos tiene en la norma una componente direccional, en el sentido de promover que las empresas compartan también sus datos con las administraciones, a diferencia de la situación actual en la que lo más usual es que sean solo las administraciones quienes abren sus datos a las empresas. En efecto, la práctica de compartir datos de los gobiernos con las empresas (y con toda la sociedad civil) ya está relativamente consolidada desde 2008 gracias a las políticas de datos abiertos (Jethani y Leorke, 2021). Pero, precisamente, estos datos abiertos sólo constituyen una ínfima parte del gran volumen de datos almacenado en bases de datos públicas y privadas. Son estos **datos en poder de las empresas** los que la *European Data Act* pretende ayudar a aflorar.

El primero de los avances principales que la *European Data Act* supone en el contexto de la investigación es el de la promoción de la compartición de las bases de datos tanto públicas como privadas conteniendo datos de sensores de Internet de las Cosas (*IoT*). Para ello trata de generar **incentivos** a la compartición de datos y disminuir algunas de las barreras previamente identificadas para la compartición efectiva de datos -como la falta de interoperabilidad técnica y semántica, escasez de ejemplos de contratos de compartición de datos, o una insuficiente regulación de las compensaciones a percibir por los agentes que liberan datos-. Otras medidas consisten en aumentar la propia **calidad** de los datos y en luchar contra el llamado **efecto "silo",** entendido como la proliferación de almacenes de datos no compartidos entre diversos departamentos de una misma organización.

La *European Data Act* reconoce un asunto pendiente como es el hecho de que los datos que generan valor son, fundamentalmente, los **datos personales**. A partir de ese reconocimiento trata de que estos datos puedan ser **accesibles durante toda la cadena de valor** de los servicios cuyo uso produce estos datos: desde la compra del servicio hasta su mantenimiento. Por ejemplo, considérese un termostato cuya regulación puede realizarse *on-line* y cuyo ciclo de vida comprende la fabricación, distribución, compra, mantenimiento, explotación, y reciclaje. Durante todas esas fases pueden generarse datos que, de no estar accesibles para los diferentes intervinientes, pueden impedir una sana competencia. Así, si los datos de fabricación -como número de serie, lote, o versión del *software*- o de uso -régimen habitual de funcionamiento o configuración de los parámetros remotos de conexión- no están totalmente abiertos, se puede restringir la competencia en el sector del mantenimiento, expulsando *de facto* de este mercado a quien no juegue bajo sus reglas.

Recordemos que, en *Toronto Tomorrow*, Sidewalk Labs permitía la compartición de datos pero se reservaba el derecho a explotar las patentes que pudieran surgir de las innovaciones resultantes del nuevo conocimiento generado. Por ello, una **compartición verdaderamente abierta** no solo es económicamente sana, sino que en el contexto urbano es de importancia capital para implantar políticas de *smart cities* verdaderamente transversales, ya que dificultaría que los grandes proveedores de servicios verticales -en movilidad, gestión de edificios, limpieza, etc- aprovechasen su

posición dominante para impedir el acceso independiente de pequeñas empresas a contratos públicos asociados o a pruebas de concepto innovadoras.

[5.3.2] La *European Data Act* en el contexto urbano

La *European Data Act* podría abrir interesantes oportunidades para una **mejor gestión urbana** en algunos aspectos. Por ejemplo, si el proveedor de sistemas de climatización de los muchos edificios que un gran ayuntamiento gestiona estuviese obligado por norma a compartir los datos de consumos y temperaturas con terceros de manera estándar e interoperable, se generaría un efecto positivo sobre la competencia en los servicios, ya que esa información, explotada por agentes externos especializados -que, por ejemplo, puedan recomendar patrones de consumo óptimos en la relación de consumo y confort térmico-, podría servir para implantar políticas de optimización energética y medioambiental (Eurocities, 2022).

Conviene precisar que la *European Data Act* promueve la **compartición del dato en bruto**, no tratado, un matiz importante porque elimina otra de las barreras existentes para la implementación de políticas públicas basadas en evidencias, ejemplificada por el caso del operador de telecomunicaciones que trata de vender -a precio muy caro- a un Ayuntamiento dos informes distintos -sobre turismo y movilidad- producidos en realidad con el mismo dato de base: las posiciones y trayectorias de los clientes de móvil (Sarasa, 2021).

Además, la nueva norma precisa que los **usuarios deberían ser beneficiarios del valor** que generan sus propios datos. Sin embargo, un análisis más detallado revela ciertos claroscuros, pues si bien es cierto que abre una puerta para que los Ayuntamientos tomen un rol más activo en la conexión de los datos con agentes capacitados para crear este retorno en los ecosistemas de innovación urbanos, no es menos cierto que la *European Data Act* acota el margen de maniobra de las administraciones públicas, al restringir los supuestos de acceso a los datos en manos de empresas privadas a "casos excepcionales". De cómo se regula o se interprete esta excepcionalidad dependerá, por tanto, que puedan materializar las muchas posibilidades que la compartición de datos abriría. De hecho, ciudades como Barcelona, Helsinki o Colonia han expresado, a través de sus representantes, preocupación acerca de "una cierta vaguedad en (la regulación de) el uso de los datos para el interés público" (García, 2022). En sentido contrario se han manifestado las industrias tecnológicas, quienes, a través de la asociación industrial Orgalim opinan que la norma consigna obligaciones de compartición de datos con las administraciones "desproporcionadas", y piden "cambios que aseguren un entorno de operaciones predecible", como el acotamiento de los referidos "casos excepcionales" (Guerzoni, 2022).

Independientemente de ello, la norma consagra la **soberanía de la ciudadanía** sobre sus propios datos personales (Ter Veen, 2022), relegando a la empresa o institución que lo almacena -*data holder* en la terminología de la directiva- al papel de mero custodio con la obligación impuesta de dar acceso al usuario a sus propios datos

en todo momento. También, si el usuario así lo solicita, sus datos deben ser puestos a disposición de terceras partes involucradas en la cadena de valor del dato.[48] Además, el usuario es libre para usar sus datos para cualquier propósito.

La norma regula la apertura de puertas a bases de datos a través de un **sistema de acceso común** conocido en el ámbito tecnológico como APIs (*Application Programming Interfaces*), para facilitar la comunicación de unos algoritmos con otros. Esta regulación, que fomenta la compatibilidad e interoperabilidad entre sistemas, podría favorecer en el ámbito urbano la erosión del perjudicial efecto "silo" -del cual ya se ha discutido en la tesis y que obstaculiza la compartición de datos entre diferentes departamentos dentro de una misma institución o entre instituciones-.

Una buena parte de la *European Data Act* está dedicada a los **contratos y a las compensaciones entre agentes** quienes guardan los datos -*data holders*- y terceras partes. Un posible aspecto positivo es el establecimiento de criterios para realizar contratos de compartición de datos, incluido un cálculo de compensaciones económicas (el valor de éstas se fija en los costes marginales para permitir el acceso de terceros); no obstante, el sistema no acaba de evitar el riesgo de que diferentes administraciones paguen, cada una por separado, por el mismo servicio.[49] Procede profundizar en el análisis de las **compensaciones monetarias** por el intercambio de datos. Desde el punto de vista de la oferta de datos, que éstos son fuente de valor y riqueza viene respaldado por multitud de ejemplos, desde la potencia de las grandes corporaciones digitales cuyos negocios los datos impulsan hasta las compañías en mercados logísticas, alimentarios, de seguros, financieros, o de salud que, sin una gestión basada en datos, no podrían obtener unos márgenes de negocio mínimos ni, probablemente, cumplir con los requerimientos regulatorios en sus respectivos mercados que exigen un completo seguimiento de los productos a lo largo de toda su cadena de valor. Por tanto, parece que las compañías tuvieran ya suficientes incentivos para la recolección, almacenamiento y explotación de datos en las mejores condiciones posibles sin necesidad de recibir una fuente extra de recursos por los costes marginales de la compartición de datos a terceros.[50]

Se puede **intercambiar valor mediante la compartición de datos** sin mediar compensación monetaria. De hecho, existen ejemplos de compartición de datos entre empresas y administraciones públicas sin que exista un pago por ello. Como demuestra el proyecto de Rubí Brilla [figura 1.5], los datos de las compañías eléctricas pueden ser fuente de valor para realizar nuevas políticas públicas en materia energética. Pero es necesario todavía trabajar en la identificación y visibilización de más ejemplos como el de la ciudad de Rubí para así disipar la idea, fuertemente anclada en las políticas europeas, de que las empresas solo liberarán sus datos para los Ayuntamientos mediante contraprestaciones dinerarias.

[48] Por ejemplo, si el dato se refiere al uso de un servicio de movilidad y está almacenado en las bases de datos del proveedor, sea éste la compañía concesionaria de la red de autobuses urbanos o la compañía proveedores de un servicio de patinetes eléctricos, una empresa que provea servicios de agregación y comparación de servicios de movilidad -como el cálculo de rutas óptimas a través de múltiples medios de transporte- podrá tener acceso a dichos datos para proporcionar un servicio personalizado en condiciones de sana competencia, pero siempre sometido a la decisión del usuario.

[49] Una aproximación más decidida contemplaría un mecanismo para que los receptores de los datos se repartieran los costes técnicos de la compartición, de la misma manera que en el ámbito físico las llamadas "juntas de compensación" asumen los costes de la puesta en marcha de nuevos servicios urbanos en las nuevas promociones. Otro posible mecanismo podría consistir en que fuese el primer receptor de un determinado conjunto de datos quien asumiera los costes marginales del esfuerzo tecnológico de la compartición. En este caso, sería necesario habilitar un registro público para que otros posibles receptores fueran conscientes de que ese conjunto de datos ya está disponible y sus costes han sido abonados. Se trata de una propuesta que también funciona ya en el mundo físico, donde es habitual que el primer constructor de una zona asuma los costes de las conexiones de servicios -eléctricos, de telecomunicaciones-, evitando a los siguientes incurrir en estos costes y evitando, al mismo tiempo, que los proveedores de estos servicios cobren varias veces el mismo proyecto.

[50] En trabajos anteriores se ha sugerido que el intercambio de valor que se establece en las situaciones de compartición de datos entre ofertante y demandante no solo puede producirse sin necesidad de intercambio monetario (Sarasa, 2016) sino que éste incluso puede ser incluso negativo para tal fin, al inhibir dicho proceso por la parte del demandante que puede no estar capacitado para satisfacer el precio de la compartición. La norma no prevé otros tipos de compensaciones entre administraciones y empresas que no sean los monetarios; en este sentido, pensamos que se pierde la posibilidad de explorar la creación de mecanismo cooperativos de ganancia mutua que se sugirió en el sistema de compartición de datos referido anteriormente. (Nueva referencia a mi trabajo de data sharing)

Para la disciplina del diseño urbano resulta interesante que la *European Data Act* dedique gran parte de su articulado a regular el **acceso de las administraciones a los datos de las empresas**. Además de los acuerdos voluntarios -donde se incluye la fórmula de la compensación económica- contempla también la compartición obligatoria de datos con las administraciones de datos en caso de situaciones de emergencia o de crisis. Por ejemplo, según la norma en una eventual pandemia futura los gobiernos podrán obligar a las plataformas como Uber a proporcionar datos que permitan conocer la movilidad de las personas, o a Google datos que permitan evaluar la brecha digital.

La norma contempla tres supuestos de interés para la tesis en que la compartición de datos de empresas hacia las administraciones puede ser obligada:

- para **fines investigadores**, posibilidad que resulta muy prometedora para el avance de las ciencias urbanas,
- en **caso de emergencias**, incluidas aquellas inducidas o agravadas por el cambio climático, lo que abre la puerta a un mayor uso de la compartición de datos para el diseño urbano si tenemos en cuenta una consideración más amplia de este supuesto que comprenda, por ejemplo, la protección frente a futuras olas de calor intensas. En ese supuesto, argumentamos que un ayuntamiento podría solicitar, llegado el caso, datos a empresas energéticas o de domótica si considera que puede así prevenir daños para la salud de las personas mayores en sus domicilios.
- la **prevención de desastres**, que si se interpreta de forma posibilista, abriría la puerta a la ejecución de toda una suerte de políticas de urbanismo preventivo de crisis climáticas, económicas y también sociales y democráticas. Las posibilidades son evidentes para la práctica de un diseño urbano concebido con perspectiva cuidadora y protectora (Chinchilla, 2021).

Sin embargo, y dada la ambigüedad en la que la norma está redactada, es muy posible que la actual redacción se revele **insuficiente para impulsar en la práctica un urbanismo basado en el dato**. En todo caso, para poder realizar unas políticas urbanas verdaderamente informadas, que tomen el dato como una materia prima más para construir ciudades más democráticas, sostenibles y resilientes, es necesario también regular su gobernanza.

[5.3.3] Introducción a la *Data Governance Act*

La directiva europea *Data Governance Act* tiene como principal objetivo **generar confianza en la re-utilización de datos de carácter personal y no personal** entre los agentes involucrados en el proceso.[51] Como objetivos secundarios, la norma pretende promover la compartición de datos entre empresas, poner en uso los datos personales (para fines alternativos a los que fueron recogidos, se entiende) con ayuda de la figura de los "intermediarios de datos", figura que explicamos más adelante y,

[51] En este sentido, va más allá de la Directiva 2019/1024 (Parlamento Europeo, 2019) sobre datos abiertos u *open data*, cuyos datos regulados son de carácter público y, por lo tanto, deja fuera, por definición, los datos personales.

finalmente, permitir el uso de datos con fines altruistas.[52] Favorecer la re-utilización y la compartición de datos puede mejorar las políticas urbanas, pues actualmente la posesión de los datos no coincide con la responsabilidad de la gestión urbana.[53]

Pero no solo se precisan datos para responder ante las emergencias: en el propio preámbulo de la norma se reconoce el valor potencial de los datos en ámbitos que, como **la "nueva movilidad"**, afectan directamente al diseño y gestión de la ciudad. Se menciona también su interés del uso avanzado de datos en el diseño de nuevos servicios y espacios urbanos para la implementación del *Green Deal* (Comisión Europea, 2021), un potente programa a nivel europeo para favorecer la transición hacia una sociedad más sostenible e innovadora.

En relación al asunto de la puesta a disposición de los datos para unas políticas urbanas más informadas, procede señalar los capítulos más relevantes de la norma:

- capítulo II, que crea los **mecanismos de re-utilización** de datos del sector público fuera de la categoría de *open data* (datos, por tanto, sometidos a algún nivel de protección).
- capítulo III, destinado a **crear la confianza** necesaria para poder compartir tanto datos personales como no-personales, además de tratar de disminuir alguna de las barreras objetivas para esta compartición (como los costes) bajo un prisma colaborativo y abierto.
- capítulo IV, que se ocupa del **"altruismo de datos"**, un concepto destinado a facilitar la compartición de datos desde el origen (es decir, el momento en que el usuario-productor de datos los genera) a condición que dichos datos puedan ser utilizados para el bien común. Un aspecto que permite a los ayuntamientos y a sus entes asociados, precisamente como garantes en nuestra sociedad urbana de ese bien común, un papel relevante en la gobernanza del dato, como más adelante veremos.

La norma otorga a los poderes públicos -en el caso de las ciudades, las administraciones locales o sus agencias-, **nuevas responsabilidades**. Si éstos han de tener acceso a nuevos silos de datos hasta ahora en las manos de las empresas, parece consecuente que deban también cumplir con nuevos requerimientos de gestión de esta información como la implementación de los medios técnicos adecuados para salvaguardar los derechos de terceros relativos a los datos: propiedad intelectual, propiedad industrial, privacidad, integridad, etc.

[5.3.4] Nuevas figuras de interés para la gobernanza del dato

Junto al reforzamiento del papel de las administraciones, la *Data Government Act* proporciona carta de naturaleza a una serie de nuevas figuras, entre las que destacamos dos: los intermediarios del dato y las organizaciones altruistas en materia de datos, para las cuales se crea un nuevo registro.

[52] La *Data Governance Act*, como es lógico, opera dentro de los límites establecidos en el Reglamento General de Protección de Datos (Parlamento Europeo, 2016) en materia de protección de la privacidad ligada a los datos personales, y debe potenciar la intención de la *Digital Markets Act* (Comisión Europea, 2023) de corregir los desequilibrios de mercado generados por posiciones dominantes en torno a los datos.

[53] Pensemos en el oligopolio eléctrico, por ejemplo. Con la situación actual -con componente coyuntural por Ucrania y estructural debido a las políticas energéticas a largo plazo- de altos precios de la energía, existe el riesgo de que la población urbana desprotegida -por motivos económicos y habitacionales- ante las temperaturas extremas aumente significativamente (Sánchez et al., 2019).

La figura de los **intermediarios de datos** resulta particularmente interesante. Se trata de proveedores de servicios de compartición de datos con el encargo de garantizar los derechos del usuario relativos al dato. Dado que la *European Data Act* -analizada en la sección anterior- define al usuario como propietario de sus datos, la figura de intermediación es clave para que el usuario pueda ejercer su derecho a asuntos como la portabilidad, cancelación, procesado o rectificación. Esta figura de intermediario de datos se convierte, de hecho, en un verdadero "defensor del usuario", y abre posibilidades interesantes en la ciudad: si consideramos al usuario como ciudadano ¿por qué no la figura del intermediario del dato puede ser ejercida por un ayuntamiento o, al menos, estar bajo un contrato municipal? En todo caso, sugerimos estudiar que la propia oficina de los delegados de protección del dato -responsables en cada organización de velar por el cumplimiento de la normativa en protección de datos- podría asumir esta nueva función, permitiendo de esta forma la ventaja de que el ciudadano pudiese ejercer sus derechos relativos al dato en una sola ventanilla para todos los servicios urbanos que utilice, desde el autobús a la energía, estén o no bajo gestión -directa o indirecta- municipal.

La confianza en el uso de los datos personales para el interés público, puede llevar a ciudadanos a **"donar" altruistamente sus datos**. Para facilitar estas donaciones conviene que el organismo sea transparente y rinda cuentas de sus actividades de manera clara y entendible. Este tipo de organizaciones "altruistas" en cuanto al dato pueden inscribirse en un registro comunitario, a condición de cumplir estrictas exigencias en materia de seguridad y transparencia. Los datos han de compartirse para hacer mejor aquellas funciones de servicio público que las administraciones locales tienen encomendadas. Por tanto, en el caso de los Ayuntamientos, ésto incluye el diseño de nuevos y mejores servicios y espacios públicos. El diseño urbano encaja de lleno en la *Data Governance Act*.

Finalmente, merece la pena señalar que, en línea con los antecedentes descritos en la sección 5.1., para evitar riesgos sobre la **privacidad** en el tratamiento y compartición de datos personales la norma aconseja utilizar técnicas de anonimización, pseudo-anonimización, privacidad diferencial, generalización (agregación), supresión de aquellos campos que permitan la identificación personal o aleatorización. Tomando como referencia algunos de los principios de la norma, en la próxima sección se propone un sistema experimental de datos -o *sandbox* de datos- que puede servir como instrumento hacia un diseño urbano ágil y evolutivo basado en el dato.

PROTOTIPO DE UN *SANDBOX* DE DATOS PARA EL DISEÑO ÁGIL DEL ESPACIO PÚBLICO COMERCIAL

DISEÑO URBANO DIGITAL ÁGIL Y DE BAJO COSTE.

UNA METODOLOGÍA ITERATIVA DE PROYECTOS PARA EL ESPACIO PÚBLICO COMERCIAL BASADA EN *BIG DATA*.

[6] PROTOTIPO DE UN *SANDBOX* DE DATOS PARA EL DISEÑO ÁGIL DEL ESPACIO PÚBLICO COMERCIAL

En aras de avanzar hacia un diseño urbano físico y digital evolutivo, en los capítulos previos se ha tratado y justificado la necesidad de caracterizar los flujos de actividad -capítulo 3-, y de incorporar a la toma de datos la perspectiva de usuario y su componente psicológica y perceptiva en relación al espacio público digital -capítulo 4-. Posteriormente, dado que los datos que componen la materia prima del sistema están en manos tanto públicas como privadas y son a menudo de naturaleza personal, en el capítulo 5 se ha abordado en profundidad -desde el doble estudio del caso de *Toronto Tomorrow* y de la legislación europea aplicable- el asunto de la compartición público-privada y sus implicaciones en materia de derechos digitales individuales y colectivos.

Para seguir avanzando de manera práctica, es momento de proponer un primer prototipo de sistema de compartición de datos, sencillo y de bajo coste, que permita realizar experimentos de diseño urbano físico y digital en condiciones reales. El prototipo, o *sandbox*, está compuesto de 3 partes principales: panel de indicadores -para evaluación iterativa de proyectos-, conjuntos de datos -como materia prima para los indicadores-, y sistemas de visualización -para poder hacer un uso efectivo de la información-.

Este enfoque mínimo es consistente con la propuesta metodológica de la tesis, pues supone en realidad un Mínimo Producto Viable (MVP) en el sentido de la metodología *lean start-up*. Como todo MVP, su implementación cumple la doble condición de ser relativamente sencillo y de permitir probar lo esencial de la hipótesis -en este caso, su validez para acompañar a la metodología de diseño urbano iterativo que se desarrolla en el último capítulo-. Por ello, el capítulo se cierra precisamente con una sección dedicada a la ilustración de la aplicación del prototipo a dos proyectos de mejora del espacio público comercial: el diseño de una galería comercial abierta en la C/ Delicias y las actuaciones de urbanismo táctico *bottom-up* en el barrio de Las Fuentes, ambos en Zaragoza.

[6.1] USO DE INDICADORES EN PROYECTOS DE DISEÑO URBANO

Dada la honda influencia en la disciplina de diseño urbano de las cualidades propuestas por Lynch,, conviene recordar las dimensiones y atributos que representan aquellas (Patil y Patil, 2016):

- **Accesibilidad**, o en qué medida en que se puede acceder a otras personas, actividades humanas, servicios, recursos materiales, entorno natural e información con un mínimo de tiempo y esfuerzo.
- **Sentido**. Es la unión entre la forma del entorno y los procesos humanos de percepción y cognición. Depende de la forma del espacio, la calidad y la actividad humana. Incluye la identidad -hasta qué punto una persona puede reconocer un lugar distintivamente-, estructura -que a pequeña escala influye en la sensación de cómo encajan sus partes y a gran escala permite una mejor

orientación-, congruencia -identificación y/o reconocimiento del lugar por su forma-, legibilidad -los habitantes del lugar pueden comunicar con relativa precisión sus características físicas simbólicas-, transparencia -se pueden percibir directamente las operaciones de las distintas funciones técnicas, actividades y procesos sociales y naturales que tienen lugar en el espacio-.

- **Encaje**. Es la adecuación entre el lugar y el conjunto de patrones de comportamiento. Vinculada a la relación entre el cuerpo humano y el lugar, sus componentes incluyen la adaptabilidad, manipulabilidad, reversibilidad, o modularidad.
- **Vitalidad**. El grado en que la forma del lugar apoya las funciones vitales, los requisitos biológicos y las capacidades del ser humano. Debe haber un suministro adecuado de alimentos, energía, agua y aire y, al mismo tiempo, disponibilidad de una eliminación adecuada de los residuos. Se incluye aquí también la seguridad -psicológica, social y física-. Finalmente, el entorno debe estar en consonancia con los ritmos naturales y proporcionar una adecuada experiencia sensorial.
- **Control**. Tiene que ver con la ocupación territorial del espacio para llevar a cabo las actividades cotidianas y está relacionada, por tanto, con la propiedad. Se proponen derechos relativos al espacio como el derecho de uso y de modificación.

A partir de aquí, el desafío consiste en seleccionar un mínimo número de indicadores que cumplan simultáneamente dos condiciones: relacionar las anteriores dimensiones con los flujos de actividad humana y provenir de fuentes de datos al alcance del diseñador.

[6.1.1] Modelado y diseño generativo

La caracterización de las cualidades del espacio público desde la perspectiva de las personas usuarias y la producción de sus correspondientes indicadores es precisamente el objeto del trabajo del grupo de investigación *City Form Lab* del MIT.[1] Producidos con la ayuda de un trabajo práctico con estudiantes (Sevtsuk, 2020b) los indicadores que a continuación se presentan han sido desarrollados con el objetivo de "explorar indicadores de diseño urbano que pudiesen ir más allá de (meros) atributos fácilmente medibles" -como edificabilidad, superficie o densidad- y que, en su lugar, "atrapen las cualidades significativas para las personas usuarias del lugar". Además, ponen el énfasis en la perspectiva y escala "humanas", tanto a nivel perceptivo como de utilización del espacio. Cualidades fundadas sobre la visión del diseño urbano de autores como Chris Alexander, Jane Jacobs, Allan Jacobs. David Harvey y, especialmente, Kevin Lynch. Autores que constituyen también algunas de las principales referencias de la tesis en la materia.

No obstante, en el informe de resultados del proyecto se señala la dificultad de confeccionar nuevos indicadores que midan las cualidades humanas establecidas por

[1] El City Form Lab considera la calle comercial como objeto preferente de diseño y, para ello, ha desarrollado un conjunto de técnicas de analítica de datos que incluyen la movilidad peatonal. Su herramienta informática *Urban Network Analysis* (*UNA*), ejecutable sobre una plataforma GIS, automatiza este análisis de datos.

Lynch a lo largo de sus 5 ejes -acceso, sentido, encaje, vitalidad y control-. La razón parece ser la tendencia de las personas diseñadoras a apoyarse en esos parámetros ya existentes y fácilmente medibles -u obtenibles de fuentes abiertas- relativos al espacio construido. En todo caso, los indicadores propuestos tratan de medir, por ejemplo, hasta qué punto el entorno urbano es **equitativo**, **accesible** en transporte público, **transitable** a pie y en bicicleta, o **vibrante**. Y representa además un intento por caracterizar cualidades difíciles de aprehender, como la **diversidad**, la **continuidad**, la **densidad visual**, el **valor estético-histórico** o en qué medida es **reconfigurable**.[2]

Como aspecto positivo a retener de este trabajo encontramos la definición precisa de la **metodología de medida** de muchos de los indicadores, definición que a veces incluye también los catálogos de datos y los instrumentos de medida necesarios. Esto es importante porque esta transparencia y claridad en la definición de los indicadores y en su forma de medida introduce un rigor necesario, posibilita su replicabilidad y favorece la crítica y la mejora del sistema de indicadores. Como se expone en la siguiente sección, la transparencia es una de las buenas prácticas para la construcción de paneles de indicadores. Buenas prácticas que, como se muestra también en la misma sección, han sido identificadas a resultas del trabajo conjunto entre ayuntamientos europeos e institutos de investigación llevado a cabo en el ámbito de proyectos de *smart cities*.

Frente a estos aspectos positivos, cabe matizar que la aplicación de estos indicadores es más adecuada para la **fase generativa y de modelado** de los proyectos de diseño urbano que para una metodología ágil o iterativa en campo, dado que fundamentalmente se basan en las cualidades del espacio -reales o simuladas- y, salvo excepciones, no en datos de uso. De hecho, para generar estos modelos con los valores requeridos en cada uno de los indicadores de éxito, el grupo utiliza tecnología de Sidewalk Labs desarrollada para *Toronto Tomorrow*. Dicha tecnología incluye el uso de la inteligencia artificial generativa para la generación de diseños en base a valores objetivo de cada indicador.

Complementariamente, para la medición y mejora de proyectos ya construidos el mismo *City Form Lab* ha desarrollado una herramienta llamada ***Urban Network Analysis*** (*UNA*)[3] que presenta un interesante potencial de aplicación para el diseño del espacio público comercial, ya que permite conocer cómo influye la localización en la marcha de los potenciales negocios de un área dada. Manteniendo constantes otros factores clave en el éxito comercial -como el tipo y la calidad del producto, el precio, los costes de operación, la densidad comercial de la zona, o los patrones culturales y otros aspectos sociales-, la herramienta *UNA* permite realizar estimaciones tanto para las potenciales ventas de un comercio situado en una localización concreta, como para detectar las zonas o locales de potencial oculto o no desarrollado.

Junto a estos dos productos derivados del análisis demográfico y físico del entorno, monitorizando el número de personas transitando por una serie de puntos en una determinada zona parece ser posible también **modelar y estimar** los flujos peatona-

[2] Es esta una cualidad especialmente interesante para la tesis ya que la capacidad de reconfiguración es necesaria para poder realizar diseños iterativos en condiciones reales -a los que en la tesis llamamos experimentos *lean start-up*-. En la medida, además, que dicha capacidad de reconfiguración sea descentralizada, aumentarán las posibilidades de que el espacio público funcione como un laboratorio cívico de innovación.

[3] Accesible en https://cityform.mit.edu/projects/urban-network-analysis.html. (Accedida el 2 de mayo de 2022)

les en un área mayor alrededor de la zona monitorizada (Sevtsuk et al, 2021). Este método permite afinar el modelo predictivo que nos proporciona la herramienta *UNA* con datos reales y estimar el número de personas que pueden pasar por delante de un comercio para una configuración del espacio construido determinada. El modelo permite, además, estimar las variaciones en dichos flujos peatonales al variar aspectos como la construcción de un edificio, la apertura de una nueva estación de metro, o la peatonalización de una determinada calle. Es decir, permite la iteración en el diseño, pero solo mediante la simulación.

La **simulación iterativa** en proyectos de diseño urbano que realiza el *City Form Lab* a través de la herramienta *UNA* no es infrecuente. De hecho, la predicción analítica del funcionamiento urbano es un campo en crecimiento (Kitchin, 2014). Por ejemplo, y aplicado al *software Grasshopper Rhino 3D*,[4] (König et al., 2019) proponen un enfoque de este tipo al aplicar métodos iterativos a la generación de posibilidades. Este enfoque evolutivo en el desarrollo de *software* para la generación de soluciones al problema del diseño urbano se ha justificado en base a la gran influencia que ejerció la obra de Alexander, en particular *A New Theory of Urban Design* (Alexander et al., 1987), en la ingeniería de *software* de diseño (Mehaffy, 2008).

Otra fuente reciente de indicadores en la literatura acerca de la caracterización y diseño del espacio público comercial -y de las políticas públicas relacionadas- la encontramos en la obra *Street Commerce* (Sevtsuk, 2020). En ella se proponen dos indicadores clave en la relación de la movilidad con el comercio de proximidad:[5]

- la **"accesibilidad gravitacional"**, entendida como la facilidad de acceso a una zona comercial por varios medios de transporte, y que tiene relación con las compras planificadas.
- El parámetro ***betweenness***,[6] o la probabilidad de pasar por delante de un determinado comercio en nuestros recorridos diarios (por ejemplo, entre una parada de bus y un centro de trabajo o residencia). Un comercio con un valor alto en este parámetro recibe mucho tráfico por delante de su escaparate y tiene, por tanto, más probabilidades de vender que otro de similares productos y precios situado en una localización menos transitada. Tiene relación, por tanto, con las compras de carácter compulsivo, estimadas según los casos entre el 30% y el 60% de las compras totales.

El primero de los factores, relacionado con la accesibilidad, premia a los comercios situados cerca de los nodos de transporte (intercambiadores, estaciones, o simples paradas). Y el segundo favorece a los comercios situados en grandes avenidas, las cuales, por lo general, suelen estar bien definidas en nuestro mapa mental de la ciudad (Hill, 1982).[7]

[4] Disponible en la web del producto https://www.rhino3d.com/6/new/grasshopper/ (Consultada el 10 de Marzo de 2023)

[5] Además, parece existir un tercer factor relacionado con la movilidad, en este caso peatonal, que influye en el éxito comercial: las aceras. Con aceras más anchas, libres de obstáculos y seguras, se favorecen las compras (Sevtsuk, 2020).

[6] La traducción de *betweenness* podría ser, coloquialmente,"pillar de paso".

[7] Empíricamente se ha comprobado que, en su estrategia de elección de ruta, muchas personas desembocan rápidamente en una gran avenida, minimizando así el número de decisiones a tomar en el trayecto, y con ello el riesgo de desorientación o de llegar con retraso. No obstante, el hecho de que esto no siempre ocurra así genera oportunidades para los comercios situados en calles secundarias.

[6.1.2] Caracterización espacial indirecta mediante flujos de actividad

En consonancia con el ejemplo anterior, la literatura sobre indicadores y diseño urbano muestra una preponderancia de los elementos estáticos, ligados a la forma y características del espacio, frente a los datos dinámicos de actividad (Ewing y Clemente, 2013). Así, se ha propuesto el marco de referencia *Maryland Inventory of Urban Design Qualities* (*MIUDQ*). Dicho marco parte del estudio de las cualidades del espacio público comercial según la influencia de un extenso conjunto de autores -Sitte, Lynch, Cullen, Alexander, Gehl, Whyte, Rapaport, o (Allan) Jacobs- que caracterizan en un primer conjunto de 51 cualidades que, en una segunda etapa, sintetizan en 8 dimensiones. Éstas, tras un filtrado adicional tomando como criterio la viabilidad de su medida, configuran las 5 cualidades siguientes: imaginabilidad (sic), sensación de "cercado" (sic)[8] visual, escala humana, transparencia -o grado de visibilidad de los escaparates desde la calle- y complejidad.

A continuación, nos hemos preguntado en qué medida las 5 dimensiones anteriores -que siguen teniendo una fuerte componente física y subjetiva-, pueden relacionarse con variables dinámicas que representen flujos. Si así fuera, y dichas variables pudieran sintetizarse en indicadores, sería posible configurar algo parecido a un panel de evaluación de impacto de proyectos de diseño urbano en el sentido de las cualidades de Lynch, pero de manera indirecta. Afortunadamente, el mismo estudio *MIUDQ*, aplicado sobre un área comercial de la ciudad de Nueva York, señala que varias de esas cualidades para el espacio público están altamente relacionadas con un parámetro de actividad medible y dinámico como es el **número de peatones** (NP), puesto que:

- NP parece ser proporcional a la transparencia, infiriendo que las zonas en los que los escaparates son más visibles atraen a más viandantes.
- Por el contrario, NP parece ser inversamente proporcional a un parámetro de movilidad como es la distancia a las paradas de metro o tren.
- Obviamente, NP aumenta con la densidad comercial, lo que quiere decir que los clústeres o agrupaciones de comercios son beneficiosos para éstos.
- NP parece estar también positivamente relacionado con la variedad en la tipología de edificios y con su edificabilidad agregada, lo que confirma experimentalmente que la diversidad constructiva y la densidad residencial son cualidades que favorecen la actividad comercial.
- Finalmente, NP es mayor cuando también lo es la densidad de cruces, que a su vez está relacionada con la "accesibilidad" -entendida como la facilidad de llegar a un comercio desde el conjunto de posibles puntos de origen-.

Por consiguiente, ser capaz de monitorizar el número de peatones en un determinado proyecto de espacio público comercial es una manera relativamente simple de caracterizar incluso algunas de las cualidades físicas de dicho entorno. Como veremos en una sección posterior, dicha monitorización es además hoy en día relativamente económica y su puesta a disposición de los equipos de diseño es, bajo ciertas premisas, viable.

[8] Traducción libre del autor del inglés *enclosure*.

Finalmente, hay que hacer notar que el **volumen de ventas** sigue siendo uno de los principales factores de medida del éxito de un comercio (Deloitte, 2019). Un indicador que, como hemos mostrado anteriormente, está fuertemente relacionado con parámetros espaciales e infraestructurales relativos a la movilidad, por lo que resulta, junto al tránsito peatonal, un fuerte predictor de la calidad urbana en proyectos de mejora o revitalización del espacio público comercial.

[6.1.3] Evaluación y medida

A continuación se analiza el ejemplo práctico de *Citykeys*, un marco de referencia para indicadores de diseño urbano resultante del proyecto de mismo nombre que arrojó interesantes conclusiones tanto sobre la selección de los propios indicadores en sí como sobre su documentación y aplicación en la medida de impacto de los proyectos. Tres aspectos que, por su carácter metodológico, son especialmente interesantes para la tesis.[9] Respecto a otros sistemas de indicadores urbanos, *Citykeys* destaca por su dimensión social, al ser el marco que mayor importancia otorga a esta dimensión entre un amplísimo conjunto de 32 marcos o herramientas de indicadores urbanos existentes (Chao et al., 2020).

Por encargo de la Comisión Europea, en 2015, tres importantes institutos de investigación europeos -el austríaco AIT, el holandés TNO y el finlandés VTT- acometieron la realización de un marco de referencia de indicadores en el ámbito de las *smart cities*. El objetivo del proyecto *Citykeys* era la realización de **dos amplios cuadros de indicadores a escala de ciudad y de proyecto** (Neumann et al., 2015). Los destinatarios de los indicadores a escala de proyecto -de los dos conjuntos, el de proyecto es el más relevante para la tesis dada su escala- serían "los responsables de la toma de decisiones en los ayuntamientos, quienes necesitan saber cómo han funcionado los distintos proyectos en los que toman parte". Como en el caso de los indicadores del *City Form Lab*, en *Citykeys* se pensó también que los indicadores de proyecto podrían utilizarse en la fase de diseño para establecer las métricas de éxito.

En el estudio realizado al comienzo del proyecto *Citykeys* se concluyó que la confección de un marco amplio de indicadores era necesaria dado que los **marcos de referencia** de indicadores existentes no eran adecuados, por varias razones:

- los **esquemas de certificación de proyectos** existentes habían sido concebidos originalmente para la certificación de edificios y están relacionados principalmente con la sostenibilidad y/o la eficiencia energética. El conjunto de marcos de indicadores de certificación identificados se compone de tres sistemas europeos -DGNB/OEGNI,[10] BREEAM,[11] y 2000 Watt Site-,[12] el estadounidense LEED -muy extendido- y dos japoneses -el ya mencionado CASBEE Cities, y el CASBEE Urban Development-. *Citykeys* encontró que "con la excepción de CASBEE Cities", los marcos de certificación estaban pensados "para la evaluación de proyectos", siempre -como ya se ha señalado- desde la óptica de la eficiencia energética y la sostenibilidad.

[9] De la relevancia del proyecto da cuenta el hecho de que inspiró la actual norma internacional ETSI GS OEU 019. "Operational energy Efficiency for Users (OEU); KPIs for Smart Cities" (ETSI, 2017) descargable en https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/OEU/001_099/019/01.01.01_60/gs_oeu019v010101p.pdf (Consultada el 11 de Marzo de 2023)

[10] Accesible en https://www.dgnb-system.de/en/districts/urban-districts/index.php (consultado el 12 de Marzo de 2023)

[11] Accesible en https://bregroup.com/products/breeam/breeam-technical-standards/breeam-communties/ (consultado el 12 de Marzo de 2023)

[12] Accesible en https://www.2000watt.swiss/english.html (consultado el 12 de Marzo de 2023)

- En cuanto a las **normas técnicas internacionales** -que constituyen otra fuente importante de marcos de referencia de indicadores- *Citykeys* identificó como principalmente aplicables la ISO 37120 y la ISO 37151. La norma ISO 37120[13] sobre "Ciudades y comunidades sostenibles - Indicadores de servicios urbanos y calidad de vida" define y establece metodologías para un conjunto de indicadores destinados a dirigir y medir el rendimiento de los servicios urbanos y su efecto sobre la calidad de vida, y es de aplicación "a cualquier ciudad, municipio o gobierno local que se comprometa a medir su rendimiento de forma comparable y verificable, independientemente de su tamaño y ubicación." La norma ISO 37151[14] de "Infraestructuras comunitarias inteligentes - Principios y requisitos de sus métricas de rendimiento" entiende por infraestructuras la energía, el agua, el transporte, los residuos y las TIC. Los problemas de estas normas para utilizarse como marcos de referencia para diseño urbano tienen que ver con la escala -en el caso de la ISO 31151 es la ciudad y no el proyecto- y con una excesiva orientación tecnológica en el caso de la ISO 37151.
- Finalmente, *Citykeys* señaló una última categoría de marcos de referencia para indicadores: la **financiación competitiva de proyectos**, fijando su foco en el análisis de los programas urbanos de la Comisión Europea. Prácticamente la totalidad de estos proyectos poseen de partida un cuadro de indicadores -de hecho, suele ser éste un aspecto requerido para optar a las subvenciones-. Sin embargo, y dado que se trata de proyectos temáticos en áreas como la vivienda, la movilidad, la tecnología, etc, sus indicadores suelen restringirse al impacto de las actuaciones en esas áreas.

Al margen de este valioso análisis sobre el estado del arte en materia de indicadores para evaluar proyectos urbanos, el valor de *Citykeys* para la tesis radica también en ciertos **aspectos metodológicos**:

- El primero de ellos es el conjunto de **criterios para la elección** de un indicador, que incluyen su relevancia, disponibilidad, capacidad para ser medido, fiabilidad, familiaridad (por parte de los gestores o diseñadores urbanos), independencia de otros indicadores, y no-redundancia (Airaksinen et al., 2017).
- El segundo de los aspectos metodológicos a reseñar es que, junto a cada indicador, se incluyen una serie de *metadatos* para aportar transparencia y rigor al método. Éstos metadatos son: unidad de medida, definición, fuente de datos, justificación de la relevancia, fortalezas y debilidades.

Aunque el interés de *Citykeys* para la investigación es principalmente metodológico, no está de más señalar una reducida selección de indicadores relevantes -el marco de referencia de *Citykeys* se compone de más de un centenar- para el diseño urbano. *Citykeys* organiza los indicadores en categorías: "planeta" -principalmente relacionados con la sostenibilidad-,[15] "gente" -relativos a la provisión de servicios

[13] Descargable en https://www.iso.org/standard/68498.html (consultada el 11 de Marzo de 2023)

[14] Descargable en https://www.iso.org/standard/61057.html (consultada el 11 de Marzo de 2023)

[15] Por ejemplo, la reducción del consumo de energía, la variación en el consumo de materiales y nivel de reciclaje, el nivel de resiliencia frente al cambio climático, o la variación en la cantidad de residuos generados.

de calidad-, "prosperidad" -referidos al ámbito económico-, "gobernanza"[16] y "propagación" -para medir cómo el proyecto o algunos de sus rasgos tienen capacidad de replicarse en otros lugares o ámbitos o de aumentar su escala-. Al margen de esta organización, los indicadores más relacionados con el diseño urbano son:

- Respecto al **espacio público**: calidad y cantidad de espacios públicos y zonas recreativas, su conexión con el legado cultural, el grado en que los nuevos diseños fomentan el sentido de "lugar", o, nuevamente, el número de visitantes del proyecto. También el índice de delincuencia y accidentes, la variación en el acceso universal al transporte -incluidos los carriles bici, los nuevos servicios de vehículo compartido, o el transporte público-, la promoción de la diversidad en el uso del espacio, la accesibilidad a equipamientos públicos, o el uso de las plantas bajas para actividades comerciales
- Y se incluye también la **dimensión digital** a través de indicadores como el acceso a Wi-Fi público gratuito, la variación en la protección de la privacidad de los datos o de los riesgos relativos a la ciberseguridad.

Son realmente relevantes algunas de las **recomendaciones metodológicas** de este proyecto, como el hecho de aportar una **descripción clara de los indicadores y de su método de medida** es una buena práctica que permite su replicabilidad, crítica y mejora. Asimismo, *Citykeys* prefiere **medir la variación del impacto** por encima de medir el impacto en términos absolutos. Esto es importante por dos motivos. El primero de ellos es que la medida en términos absolutos puede contener errores de medida o un sesgo de base. Sin embargo, al medir la evolución o diferencia este sesgo se compensa. La segunda razón a favor de la medida evolutiva es de carácter psicológico; siendo una de las motivaciones de la medida de impacto de los proyectos la generación de incentivos de mejora, medir el progreso diferencial aísla el proceso del contexto cultural, social o económico del proyecto, ya que no tiene el mismo mérito construir 1 km de carril bici en dos ciudades de contextos muy distintos, por ejemplo, como Laos y Estocolmo.

Finalmente, procede una comparación última entre *Citykeys* y el caso de *Toronto Tomorrow* analizado en una sección anterior, pues aunque ambos difieren en cuanto al nivel de claridad y transparencia en las definiciones de los indicadores -es difícil encontrar en la documentación que acompaña al proyecto *Toronto Tomorrow* una definición precisa de los muchos indicadores con que Sidewalk Labs apoya las ideas innovadoras-, ambos comparten el hecho de ser indicadores de progreso, permitiendo así su uso iteraciones de diseño. En este aspecto, *Citykeys* marca claramente el camino a seguir.

[16] Como el nivel de implicación de la comunidad para medir cómo el proyecto "incrementa la participación ciudadana y potencia la implicación activa de los usuarios finales, la comunidad y los profesionales interesados en el desarrollo urbano", o la inclusión de grupos vulnerables en el diseño.

[6.2] MÍNIMO PRODUCTO VIABLE

Se propone a continuación la implementación de un prototipo o Mínimo Producto Viable de un sistema de medida de actuaciones en el espacio público comercial. De acuerdo al pensamiento *lean start-up*, el Mínimo Producto Viable debe ser lo más sencillo posible, siempre y cuando permita validar lo fundamental de las hipótesis.

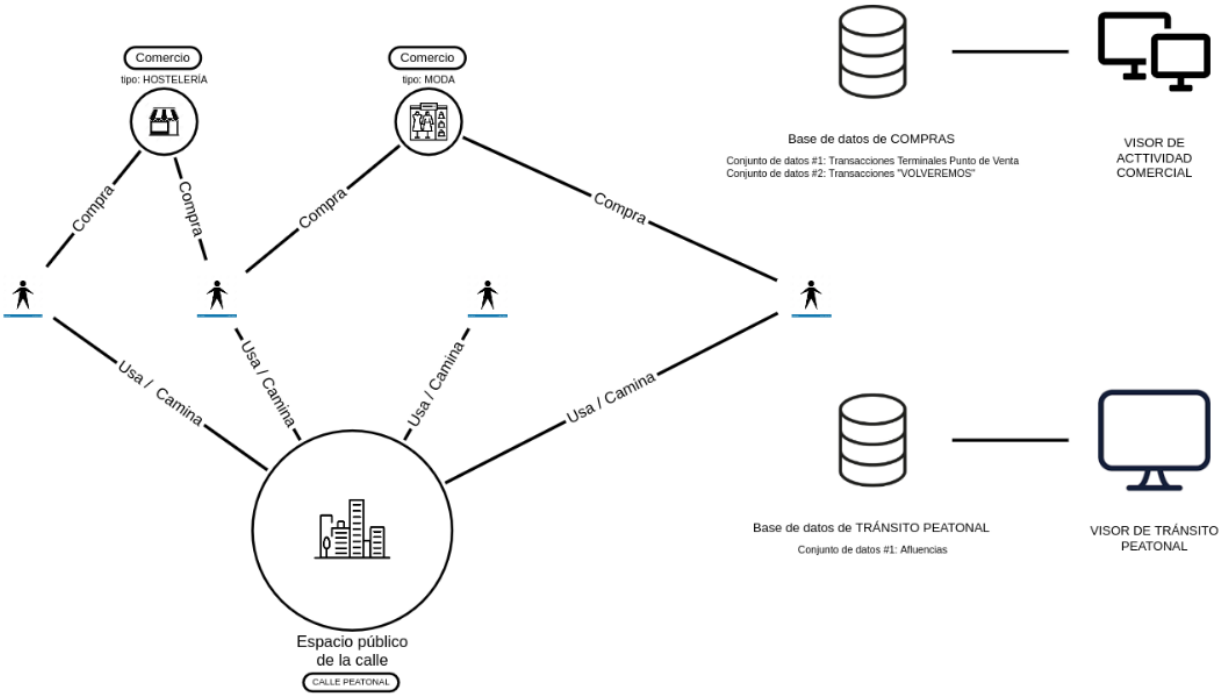
Para ello, procede revisar el capítulo 1 de la tesis donde se desgranan una serie de hipótesis secundarias a contrastar en la investigación. En particular, las hipótesis que tienen que ver más directamente con los datos y los indicadores son las siguientes:

- para mejorar los resultados del proceso de diseño, los datos a emplear en nuestra metodología deben incluir aquellos representativos de flujos de actividad considerando la variable temporal a pequeña escala (horas, días, semanas, meses…).
- los datos de más valor para caracterizar los flujos de actividad deben ser de carácter personal -que pueden incluirse con otro tipo de datos en un sistema de compartición de datos-.

Los componentes del Mínimo Producto Viable, como ya se ha anticipado, serán el conjunto mínimo de indicadores, los conjuntos de datos fuente, y una tecnología de bajo coste para la visualización y representación espacial de la información. Los indicadores serán escogidos y descritos de acuerdo a las buenas prácticas enunciadas en la sección anterior, y las tecnologías a emplear serán deseablemente de fuentes abiertas para evitar desembolsos en licencias.

La [figura 6.1] muestra esquemáticamente este MVP. Partiendo de la representación en grafo de la calle comercial mostrada en el capítulo 3, se ha adoptado un versión simplificada en la que se consideran los elementos siguientes:

- Nodos: personas, comercios y espacio público.
- Relaciones: entre personas y espacios públicos, se da la relación de usar / caminar -puesto que consideramos solo usos peatonales-, y entre personas y comercios, tiene lugar la relación de comprar.
- Bases de datos, las cuales contienen información sobre las relaciones anteriores: compras, de dos tipos, a través de Terminales de Punto de Venta tradicionales, y a través de la aplicación específica de descuentos en el pequeño comercio “Volveremos”.
- Visores: tanto de actividad comercial, conectados a las bases de datos de compras, como de afluencia, conectado a la base de datos de tránsito peatonal.



[figura 6.1]

Figura 6.1. Esquema simplificado del MVP del *sandbox* de datos propuesto. La parte de la izquierda corresponde a la representación en forma de grafo de la calle comercial, donde aparecen los tres tipos de nodos: personas, comercios y el espacio público como una única entidad nodal, desprovista del sentido de enlace. Las dos tipos de relaciones consideradas en el esquema -usar el espacio público y comprar en comercios- se almacenan en bases de datos separadas que, a su vez, alimentan los correspondientes visores de la información. Esta separación, junto a la agregación y anonimización de los datos personales, garantiza la no-realización de correlaciones de actividad sobre un mismo individuo. El sistema puede funcionar sin saber qué individuos concretos compran y caminan, es suficiente conocer si tras las actuaciones realizadas hay más o menos compras y usos que antes.

[6.2.1] Flujos e indicadores esenciales de actividad

En el capítulo 3 justificamos que la monitorización de los flujos o interacciones es fundamental para entender el funcionamiento del espacio público, y por ende el grado de éxito o fracaso de una determinada actuación. Por otra parte, en la sección anterior vimos que la mayor parte de los indicadores que encontramos en la literatura de diseño urbano, en nuevas herramientas digitales, o en las normas internacionales, tienen que ver más con la medida de parámetros físicos del espacio construido -o simulado- que con datos dinámicos de actividad. Ello los hace más útiles para el diseño generativo por ordenador que para el diseño iterativo en condiciones reales tal y como proponemos en la tesis.

Nuestro Mínimo Producto Viable caracteriza dos importantes flujos que operan en el espacio público comercial:[17]

- el **flujo de personas** que pasan por delante de los comercios, que son potenciales receptores de información a través de los escaparates. El flujo de personas en el espacio público comercial es, en primer término, un fuerte predictor de las personas que entran a los comercios (Sevtsuk et al., 2021). Y en segundo término, como se muestra en la sección anterior, el flujo de personas posee una correlación positiva con algunos de los parámetros generalmente aceptados como "deseables" en dicho espacio como la transparencia, la variedad en la tipología de edificios, la densidad comercial o la accesibilidad. Finalmente, un espacio público que acoja un gran número de visitantes es, casi con seguridad, un espacio público "vivo".
- y el **flujo económico**, caracterizado a través de las ventas de los comercios minoristas. Dicho flujo representa una clara medida de éxito en las políticas públicas para el fomento del pequeño comercio. En nuestro prototipo, dichas ventas no recogen las transacciones realizadas *on-line*, en el caso de que el comercio en cuestión opere también a través de Internet. Sin embargo, la omisión no es significativa pues los comercios que venden por Internet no llegan al 10% del total (Ayuntamiento de Zaragoza, 2021).

De acuerdo con la metodología propuesta en la presente tesis, la caracterización de los dos flujos anteriores se sintetiza en un cuadro de mando de indicadores para monitorizar el impacto de los proyectos de diseño urbano. Dicho cuadro de indicadores contiene cinco parámetros principales:

- **afluencias peatonales absolutas** en puntos específicos del área de estudio
- mapa de calor o **distribución de afluencias peatonales** a lo largo del área de estudio
- matriz **origen - destino de los visitantes** al área de estudio, por lugar de trabajo y por lugar de residencia
- **ventas minoristas**, tanto a través de Terminales de Punto de Venta (TPVs) como a través de la aplicación de descuentos y fidelización "Volveremos".

[17] En eras de la simplicidad que conlleva todo MVP, no parece imprescindible caracterizar el flujo de bienes, pues es una derivada del de transacciones económicas y no aporta información adicional para el éxito de los proyectos de revitalización del comercio local.

Dicho cuadro de indicadores permitirá comprobar el efecto de las actuaciones, mediante la comparación estacional de los citados parámetros antes y después de las actuaciones. Como se ve, el cuadro representa los intereses de los dos principales agentes del proyecto: los usuarios del espacio público y los comercios.

Es preciso mencionar que el enfoque psicogeográfico aconseja conocer directamente la componente sentimental respecto a la experiencia de usuario en el espacio público. Mucha de esta información la publican directamente las personas usuarias en redes sociales, y puede ser procesada a través de técnicas de *Sentiment Analysis* explicadas en el capítulo 4. Sin embargo, durante el transcurso de la investigación, cambiaron las circunstancias de uso de los datos fuente de que estas herramientas se nutren, por lo que ha sido imposible aplicarlas al prototipo.[18] Sin embargo, están emergiendo nuevas técnicas que, basadas en fuentes de datos alternativas como *Google Places*, permitirían aplicar *Sentiment Analysis* al diseño de espacios públicos (Tas y Sanatani, 2023) en futuras iteraciones del MVP.

La siguiente subsección muestra y describe, a partir de los dos flujos elegidos y sus indicadores correspondientes, las fuentes de datos necesarias, su naturaleza y la materialización de su puesta a disposición para así conformar el MVP.

[6.2.2] Fuentes de datos básicas

En la actualidad, para conocer la **afluencia peatonal** -el número de personas en un determinado espacio en función del tiempo-, es frecuente recurrir a los datos de sensores instalados en el propio espacio.[19] Es el caso de los sistemas de control de aforo por conteo (a la entrada o a la salida), aplicables en recintos donde las entradas y salidas están monitorizadas. En caso de espacios más abiertos, o cuando interesa conocer la distribución espacial de los visitantes en un recinto, lo habitual es la instalación de sensores con la distribución espacial adecuada para poder obtener una resolución suficiente de la distribución espacial de la afluencia.

Alternativamente puede usarse los **datos de telefonía móvil**, ya que los operadores de telecomunicaciones poseen ya su propia infraestructura instalada en prácticamente cualquier punto de potencial interés, cubriendo con una gran granularidad todo el espacio urbano con antenas 4G y 5G. Gracias a dichas antenas es posible conocer la posición de un móvil y, por extensión, de su propietario, con la suficiente precisión. Mediante un algoritmo es posible, a partir de dichos datos de posición en el tiempo, re-construir las trayectorias de cada usuario de móvil. Por tanto, recurrir a los datos de los operadores directamente simplifica enormemente los obstáculos que presenta una instalación de sensórica *ad-hoc*. De hecho, desde principios de este siglo se ha ido imponiendo como una técnica habitual en numerosos estudios de funcionamiento del espacio público, especialmente desde el mundo académico e investigador, desde donde se reconoce como una "potente herramienta de análisis urbano" (Ratti et al., 2006).

[18] Desafortunadamente, la red social X -antigua Twitter- ha cortado recientemente el acceso libre a su información, con lo cual muchas de las técnicas de *Sentiment Analysis* han dejado de funcionar. No es posible aplicarlas, por tanto, en la investigación.

[19] Dichos sensores pueden consistir en cámaras de visión artificial, capaces de interpretar las formas, en puntos de acceso Wi-Fi (que detectan la señal de los móviles de los paseantes), o sensores de otro tipo, como *Bluetooth* (con idénticos principios de funcionamiento). Todos estos sistemas precisan de la instalación de sensores en el espacio comercial, y por tanto conllevan una inversión no desdeñable en infraestructura física (postes y canalizaciones), eléctrica (alimentación desde la red), electrónica (el propio sistema de sensores), de comunicaciones (para llevar los datos por cable o por radio desde los sensores a un puesto central de procesamiento), e informática (programas y servidores de gestión, procesamiento y recolección de la información).

Por el contrario, las **transacciones económicas** en comercios, cuando se trata de pagos electrónicos, se realizan a través de dispositivos que llevamos en el bolsillo: *smartphone* o tarjeta de crédito / débito. Dichos dispositivos interaccionan contra otro dispositivo electrónico en manos del comerciante llamado datáfono o Terminal de Punto de Venta (TPV). Al igual que las redes de telefonía móvil, las redes de pagos en comercios pueden pertenecer a varios operadores -en este caso bancarios-.

Además, se incluye una fuente pública de datos de **compra a través del móvil** en el pequeño comercio: el sistema de descuentos "Volveremos", que cuenta con su propio conjunto de apps, una para el cliente y otra para el comercio. Sin embargo, las campañas de "Volveremos" solo se realizan en ciertos periodos durante el año, por lo que es una fuente incompleta de información, aunque práctica, ya que los datos (anonimizados) han sido publicados en Internet por las entidades gestoras y es ampliamente utilizada por comercios y clientes.

La [tabla 6.1] resume las tres fuentes de datos para extraer los indicadores que componen el Mínimo Producto Viable:

[tabla 6.1]

Fuentes de datos básicas para un primer prototipo de sistema de medida del impacto en actuaciones en el espacio público comercial

Descripción del dato	Tipo	Observaciones
Telefonia	privado - personal	Puede servir para conocer las afluencias
Pagos con tarjeta	privado - personal	Permite conocer las ventas de los comercios de manera agregada
Compras a través de apps públicas de promoción del comercio	privado - personal	Permite conocer las ventas de los compercios de manera individualizada

De las tres fuentes de datos, las dos primeras -telefonía y pagos con tarjeta en comercios- están en manos privadas, por lo que para usarlas entra en juego la **compartición de datos público-privada**. Merece la pena, por tanto, aclarar cómo se ha resuelto la cuestión en cada caso.

En el caso de los datos de telefonía, resulta complicado obtener los datos de estos operadores a menos que se esté dispuesto a pagar por ellos sumas importantes de dinero.[20] Además, cada desembolso garantiza únicamente los datos de un cierto periodo de tiempo, lo que no permite realizar a un coste razonable una monitorización constante de las actuaciones en largos periodos de tiempo, o a lo largo de todo el ciclo de vida útil de un proyecto. Además, a menudo los operadores no sirven los datos en bruto, sino previamente tratados para una aplicación en concreto (Arnal y Sarasa, 2021).

[20] Por experiencia propia, en 2018 el precio de uno de los operadores españoles de referencia por 3 meses de datos de posicionamiento de móviles en una ciudad española era de unos 50.000 EUR.

En la gestión de los centros comerciales se usan este tipo de datos de telefonía, a menudo provistos a través de **empresas intermediarias** que proporcionan información adaptada a la gestión comercial (Gallagher, 2011). De manera similar, para caracterizar el flujo peatonal por las zonas comerciales de actuación analizadas en este capítulo, hemos optado por utilizar el proveedor de datos *MyTraffic*.[21] Esta empresa ofrece una solución ingeniosa para evitar la instalación de sensores en la vía pública. Mediante acuerdos económicos con los operadores, éstos le proporcionan a *MyTraffic* datos sobre la localización de móviles. *MyTraffic* permite al usuario que quiere explotar esta información definir sobre un mapa puntos o "chinchetas" virtuales en torno a los cuales monitorizar el flujo peatonal.[22]<La elección de *MyTraffic* resulta adecuada para nuestros fines dado que resulta una solución razonable en coste -un año de uso para 40 puntos de control puede costar en torno a los 10.000 EUR al año-[23] y permite una monitorización prolongada en el tiempo. Esta larga ventana temporal nos permite comparar las afluencias actuales -antes, durante y posteriormente a la ejecución de las actuaciones- con las anteriores a la pandemia y mitigar así el factor distorsionador del COVID-19 en el uso del espacio público.

A cambio, *MyTraffic* limita la información que proporciona a **datos agregados en forma de índices** o parámetros, sin que sea posible para el cliente acceder a registros individuales. Aunque esta agregación le resta potencia a la capacidad para computar otro tipo de índices o parámetros distintos a los que la aplicación proporciona, la desventaja se ve largamente compensada por el hecho de que dicha agregación supone una anonimización *de facto* de los datos, y permite el cumplimiento de la normativa de protección de datos de manera "natural" o "nativa". Además, los índices que *MyTraffic* proporciona encajan razonablemente bien con el entorno comercial, como se verá en la subsección siguiente.

En el caso de los **datos de pagos con tarjeta** de crédito, los operadores bancarios, propietarios de los TPVs en comercios son normalmente reacios a compartir sus datos para realizar análisis de dinámicas urbanas.[24] Sin embargo, las buenas relaciones institucionales entre la entidad bancaria Ibercaja, de fuerte e histórica implantación en la ciudad de Zaragoza, el Ayuntamiento de Zaragoza y la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento[25] ha permitido disponer de datos de transacciones económicas -anonimizadas mediante agregación- en comercios, con las restricciones metodológicas que se detallan en la sección 6.3.1.

De nuevo, los datos recibidos e integrados en el MVP de nuestro *sandbox* son **datos agregados**, en este caso geográficamente. Esto es así para garantizar el secreto bancario.

[21] Consultable en https://www.mytraffic.io/

[22] Lo novedoso del sistema radica en que los algoritmos de *MyTraffic* "cruzan" la posición de los móviles con estos puntos de interés. Cuando las coordenadas de posición de un móvil en su base de datos coincide con uno de los puntos de control establecidos previamente por el gestor, entonces *MyTraffic* señala el paso de un paseante por dicho punto. Realizando esta comprobación para toda la base de datos de móviles, el algoritmo de *MyTraffic* computa la afluencia de visitantes en cualquier punto de la ciudad previamente determinado.

[23] La suscripción a la herramienta *MyTraffic* es titularidad del Ayuntamiento de Zaragoza, a través de su Servicio de Mercados y Promoción del Comercio.

[24] La excepción en España ha sido el BBVA, quien fundó una empresa subsidiaria llamada BBVA Data Analytics para impulsar el uso del dato en aplicaciones externas e internas, y algunas de cuyos proyectos urbanos han sido descritos en trabajos previos (Sarasa, 2016).

[25] Las tres instituciones colaboran en el Datalab de Etopia, e Ibercaja y el Ayuntamiento de Zaragoza colaboran desde el 2011 a nivel de medios de pago en la tarjeta ciudadana de Zaragoza.

[6.2.3] Visores de bajo coste

Como se muestra en las [figuras 6.2 y 6.3], el prototipo cuenta con dos visores que se alimentan de bases de datos separadas: visor de flujos peatonales y visor de flujos económicos.

El **visor de flujos** peatonales está proporcionado por la empresa *MyTraffic* y cuenta con 40 puntos de control o monitorización ("chinchetas virtuales"), distribuidas en tres zonas:

- en la parte Oeste de la ciudad, la zona de C/ Delicias y adyacentes, la cual cuenta con 20 puntos de monitorización, de los cuales 18 se encuentran situados en el perímetro de actuaciones en esa zona comercial, y 2 se encuentran situados al noroeste, en la zona de llegadas y salidas de la estación intermodal de Delicias.
- en la parte Este de la ciudad, la zona de Las Fuentes, cuenta con 6 puntos de control correspondientes a otras tantas actuaciones a realizar en el espacio público.
- en la parte central, la zona del Casco Histórico, cuenta con 14 puntos de monitorización. De momento, se considera esta zona como zona de control para el experimento, debido a que se trata de una zona menos expuesta a variables coyunturales en su comportamiento comercial.

Como se ha establecido en la sección 6.2.1. los indicadores principales relativos a los flujos peatonales son "Afluencia media " / *Average footfall*, "Afluencia dinámica" / *Dynamic footfall*, y Matriz origen-destino / *Origin*. Además, se usará el parámetro "Perfil sociodemográfico" / *Sociodemographic profile* como comparación de control entre las dos áreas de estudio.[26] Finalmente, mostraremos a modo ilustrativo la distribución de peatones a lo largo y ancho de las áreas de estudio mediante el parámetro "Mapa de calor" / *Heatmap*.

A diferencia del de flujos peatonales, el **visor de flujos económicos** [figura 6.4] ha sido diseñado ad-hoc para la ciudad de Zaragoza, con un coste de desarrollo de unos 12.000 EUR. Basado en una cartografía libre, la herramienta está disponible públicamente y es de código abierto.

La parametrización de las visualizaciones se realiza de manera intuitiva mediante las funciones de control en la parte izquierda:

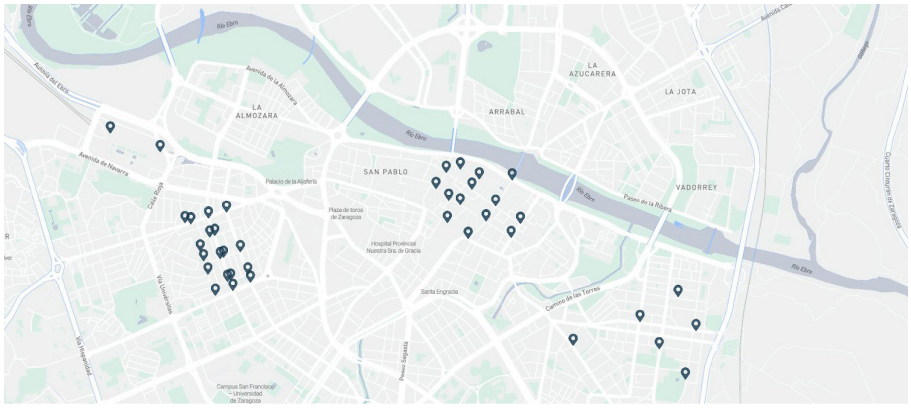
- Dimensiones, que permite seleccionar el importe total o número de transacciones.
- Filtros, para poder trabajar con distintos tipos de transacciones (con descuento o sin él, con bonificación o sin ella)
- Tipo de comercio, para poder filtrar en función del sector comercial
- Fechas y días de la semana.

La visualización de resultados se realiza a través de una visualización geográfica superpuesta a un histograma, como se puede ver en la parte derecha.

[26] Los indicadores de población de dicho perfil pueden utilizarse para normalizar los datos de afluencia peatonal, y los económicos para hacer lo propio con los datos de ventas.

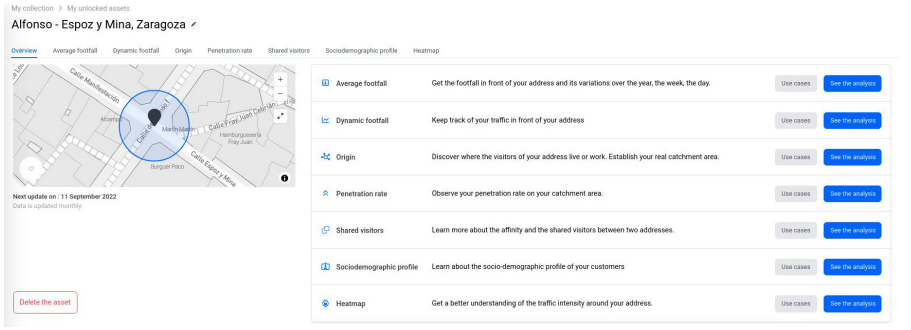
[figura 6.2]

Zonas comerciales a monitorizar con *MyTraffic*: a la izquierda, la zona de la C/ Delicias y adyacentes. En el centro la zona del Casco Histórico (zona de control). A la derecha, la zona de Las Fuentes.



[figura 6.3]

Vista detallada de un punto de control, o "chincheta" virtual, con sus parámetros e índices de medida asociados. Para cada punto de control o monitorización la herramienta proporciona una serie de parámetros o métricas, cuyas especificaciones detalladas puede consultarse la documentación en línea de *MyTraffic*, accesible en https://app.mytraffic.io/faq, consultada por última vez el 12 de Agosto de 2022.



[figura 6.4]

Visor de datos económicos de actividad comercial desarrollado por el estudio 300.000 Km/s para el Ayuntamiento de Zaragoza.

[6.3] VALIDACIÓN EXPERIMENTAL

Se abordará a continuación un caso de aplicación del prototipo o Mínimo Producto Viable de sistema medida de impacto en actuaciones en el espacio público comercial físico y digital. El valor de la inclusión del experimento no reside tanto en la valoración de sus aspectos formales como en el análisis del proceso en sí. Se trata de mostrar que es posible aplicar la sencilla herramienta mostrada en la sección anterior al análisis de impacto de proyectos.

El experimento corresponde al conjunto de actuaciones realizadas recientemente en el entorno de la zaragozana **Calle Delicias**, una tradicional calle comercial de la ciudad.[27] Se trata, por tanto, de un conjunto de actuaciones impulsadas "desde arriba". La cantidad y tipología de actuaciones en C/ Delicias, junto a la variada naturaleza de los agentes involucrados en el proyecto, convierten -desde el punto de vista de la tesis- al paseo comercial de la C/ Delicias en una **plataforma de innovación orientada a la prueba de soluciones tecnológicas y de urbanismo táctico** ligadas al sector comercial, tanto en su dimensión física como digital, y tanto a nivel de espacio público como de espacios interiores. Aunque el prototipo de sistema de medida se podría aplicar también para analizar lo adecuado de la determinación del lugar elegido para las actuaciones -en consonancia con el marco de análisis de flujos de actividad pre-existente desarrollado en el capítulo 3 de la tesis-, dicha aplicación se deja para el capítulo 7, donde se desarrollará la metodología completa.

[6.3.1] Metodología

Los experimentos se han realizado de acuerdo a los siguientes pasos:

- Para soslayar los posibles problemas de privacidad y de propiedad industrial de los datos de transacciones comerciales se ha utilizado una **agregación de datos espacial**, llevando todas las transacciones comerciales de una determinada zona al cajero automático más cercano de la red de Ibercaja.[28] Además, la elección del cajero automático como centro de cada centroide tiene sentido porque, aunque no se muestra en la tesis, el conjunto de datos de transacciones incluye las operaciones de retirada de efectivo en cajeros.[29] Ahora bien, la densidad de cajeros varía de un lugar a otro, siendo en general mayor en las zonas más céntricas. Ello hace que la precisión espacial del análisis también varíe, siendo razonablemente alta en el caso del espacio público comercial, normalmente bien provisto de cajeros automáticos.
- Se ha establecido una **retícula espacial en forma de polígonos de Voronoi** para asociar las transacciones en cada establecimiento comercial a un determinado centroide.[30] Todas las transacciones de comercios dentro del perímetro de un centroide dado se han geoposicionado en el centro del mismo. Aunque la pérdida de resolución al usar polígonos de Voronoi en el caso de usar datos móviles para caracterizar dinámicas urbanas ha sido descrita

[27] Elegida por el Ayuntamiento de Zaragoza para implementar el primero de sus "paseos comerciales" (Lisbona, 2022).

[28] Ibercaja, la entidad bancaria propietaria de los cajeros de este *sandbox* posee una elevada cuota de mercado en Zaragoza, por lo que la densidad de cajeros automáticos es la más alta de todas las posibles entidades bancarias.

[29] Estas operaciones, sumadas a las transacciones en comercios -que sí se incluyen- mostrarían una visión todavía más amplia del pulso económico del espacio público comercial, y podrían ser objeto de una extensión de la investigación.

[30] Los polígonos de Voronoi, también llamados de Thiessen, son una construcción geométrica que permite construir una partición del plano euclídeo. Los diagramas de Voronoi han servido para obtener representaciones geográficas en disciplinas como la epidemiología, geofísica y meteorología. Ver https://www.bristol.ac.uk/maths/fry-building/public-art-strategy/what-is-a-voronoi-diagram/. Accedido el 21 de marzo de 2023.

como uno de los problemas prácticos de este tipo de uso (Erlström et al., 2022), y parecido problema aparece en el caso de uso de los datos de tarjetas bancarias, en nuestro caso dicha pérdida de resolución se ve compensada por el hecho de que esta estrategia abre la posibilidad de trabajar con microdatos referidos a negocios sujetos a cláusulas de confidencialidad. La ganancia en información compensa la relativa imprecisión, al menos en los casos prácticos incluidos en la tesis.

- Se han establecido unos **40 puntos de medida virtuales del tráfico peatonal** en tres zonas principales de la ciudad de Zaragoza: C/ Delicias, Casco Histórico y Barrio de Las Fuentes. En el caso de la C/ Delicias, se han escalonado dichos puntos de medida virtuales equi-espaciadamente entre los dos centroides -o cajeros automáticos- situados en cada uno de los extremos de la calle.
- Se han elegido **tres áreas de estudio**. Dos de ellas para el impacto de las actuaciones físicas y digitales, en el Barrio de Delicias y Barrio de Las Fuentes. Ambos barrios, como se muestra más adelante, poseen unas características socio-demográficas similares. Para el estudio sobre la elección de los emplazamientos de las futuras galerías comerciales abiertas -también llamadas "paseos comerciales"- el área de estudio es la totalidad de la ciudad consolidada, que comprende las doce galerías proyectadas.
- En cuanto al **rango temporal de los datos**, éstos van desde el año 2019 al año 2022. Se puede así comparar los periodos pre-pandemia, pandemia y post-pandemia. La resolución de los datos varía en función de los mismos, desde la escala de días en el caso de las transacciones comerciales a semanas en el caso del tráfico peatonal. En la mayoría de los casos, la escala se ha normalizado a la mínima disponible para permitir las comparaciones. Así, si la escala de los datos peatonales es semanal o mensual, se han agregado los datos de transacciones en el mismo periodo.

[6.3.2] Ejemplo de uso: evaluación de impacto en actuaciones *top-down*: Paseo Comercial de C/ Delicias

El Plan Local de Equipamientos Comerciales de Zaragoza (Ayuntamiento de Zaragoza, 2021) define 12 galerías comerciales a cielo abierto -denominadas "paseos comerciales"- en otros tantos distritos. Mediante una combinación de actuaciones en el espacio público, campañas de comunicación y programas de digitalización comercial se pretende la revitalización del pequeño comercio en dichas zonas. Además, el Plan se completa con actuaciones en movilidad urbana para crear una red de itinerarios peatonales y ciclistas que una el conjunto de los paseos comerciales. La primera galería a abordar está situada en la Calle Delicias, una calle tradicionalmente comercial situada en el corazón del barrio de Delicias, el más poblado de la ciudad.

El plan busca potenciar cualidades de alto contenido perceptivo y emocional, como la identidad -genuina en cada uno de los barrios de la ciudad consolidada frente a la identidad artificial de los centros comerciales a cielo abierto-, la sensación de seguridad, la calma a nivel acústico, la sensación de ambiente limpio y no contaminado, la comodidad mediante un diseño urbano orientado hacia la peatonalización y accesibilidad, y el atractivo visual. Las dimensiones anteriores se implementan mediante un diseño urbano tanto físico como digital. En el primer bloque, se contemplan actuaciones de urbanismo táctico e infraestructuras de movilidad; en el segundo, la sensorización, apps de fidelización y de escaparatismo y compra *on-line*, o sistemas de recolección y analítica de datos-.

El **Paseo Comercial de Delicias cumple la función de prototipo** dentro del amplio plan comercial. Diseñada con el objetivo de probar que las actuaciones integradas en el espacio público comercial pueden conllevar una revitalización del comercio minorista, en él se han definido varios grupos de actuaciones:

- **Actuaciones sobre el espacio público físico**, se realizaron progresivamente en el periodo de Julio a Diciembre de 2023, y comprenden 50 toldos para combatir las altas temperaturas, elementos gráficos en suelo, instalación de sendos pórticos en cada uno de los extremos de de la calle, instalación de 19 maceteros con aligustres, elementos decorativos en farolas y mejora de la iluminación mediante la renovación de 39 farolas existentes y la incorporación de 43 nuevas luminarias eficientes.
- **Actuaciones de carácter híbrido analógico y digital**, como ocio "gamificado" a través de gymkanas,[31] arte híbrido en la calle -pintura sobre el embaldosado con realidad aumentada-, así como dos instalaciones de "hiper-realidad": una pantalla gigante en la zona del Jardín Vertical de Delicias representando un jardín virtual cambiante de acuerdo a las condiciones atmosféricas reales, y los llamados *Smart Cubes*, que mostrarán contenidos sobre la historia, la oferta y los personales ilustres de la zona.
- El tercer grupo corresponde a **actuaciones de sensorización** acústica, de calidad del aire y de medida de aforos.
- Finalmente, un cuarto grupo de actuaciones consistentes en la puesta en marcha de servicios de **fidelización y descuentos**.

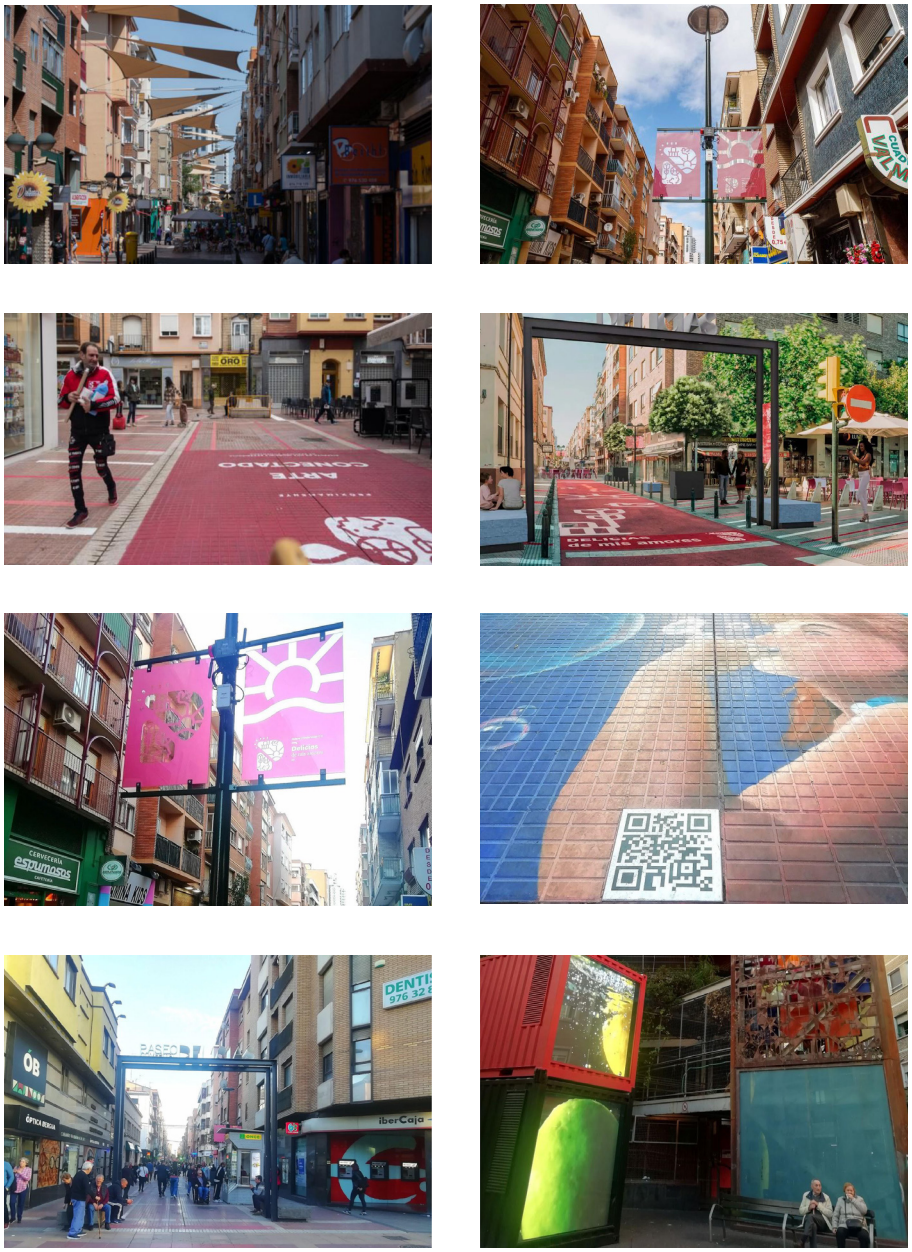
Para la medición de impacto de las actuaciones de este primer prototipo de paseo comercial en C/ Delicias, se ha aplicado el MVP descrito en la sección 6.3. En la [tabla 6.2] se detalla el origen de los datos para cada uno de los parámetros del cuadro de indicadores.

La ventaja de este sencillo cuadro de indicadores es que no conlleva la instalación de sensores en la vía pública, lo cual evita tanto la realización de obras como posibles rechazos al efecto "gran hermano". Constituye, por tanto, un MVP en el sentido estricto *lean start-up*. Todas las fuentes de datos son pre-existentes al proyecto, y única-

[31] Se trata de un juego digital basado en retos y recompensas en el que se propondrá para estimular la realización de recorridos.

[figura 6.5]

Algunas de las actuaciones en el espacio público digital en C/ Delicias, de arriba a abajo y de izquierda a derecha: cartelería de refuerzo de identidad comercial con sensores en luminaria de LED, pórtico de entrada por Avenida de Madrid, pintura en suelo con código QR, y cubos de hiperrealidad en el Jardín Vertical.



[tabla 6.2]

Sistema de indicadores

Parámetro	Origen del Dato	Carácter del dato
Afluencias peatonales absolutas	Telefonía móvil	Anónimo, agregado por zona
Mapa de calor diferencial de afluencia	Telefonía móvil	Anónimo, agregado por zona
Ventas minoristas	Transacciones bancarias	Anónimo, agregado por zona
Ventas minoristas digitales	Transacciones app "Volveremos Si Tú Vuelves"	Pseudo-anonimizado, agregado por conjunto de comercios

mente se ha trabajado el acceso a dichas fuentes para un fin de interés público como es la revitalización del pequeño comercio, explotando así las nuevas oportunidades que la legislación europea en materia de compartición de datos público-privada (analizada en la sección 5.3) establece.

Análisis y resultados:

En primer lugar, se propone el análisis de impacto de las diversas actuaciones de conversión de la calle Delicias en un paseo comercial. Para ello, en la [figura 6.6] se muestra el mapa de calor de afluencias peatones. Se trata de un **mapa de calor diferencial**, pues representa la diferencia de la intensidad de distribución espacial de los viandantes en la calle entre dos meses concretos. Ello resulta de gran utilidad para valorar el impacto de actuaciones en el espacio público, siempre que los meses a comparar se seleccionen adecuadamente.

En la [figura 6.6] puede verse cómo la distribución del tráfico en Julio de 2020 respecto a Julio de 2022 es inferior en prácticamente toda la calle. La diferencia es menos acusada respecto al verano anterior de 2021, ya que se observan más zonas en blanco (igualdad de tráfico) y tres pequeñas zonas verdes (mayor tráfico en Julio de 2021). Aunque de este análisis puede inferirse el positivo efecto de los toldos para el tránsito peatonal -y más teniendo en cuenta que el verano de 2022 resultó más cálido que los dos veranos anteriores-, no pueden excluirse factores exógenos como el efecto del fin de las restricciones post-pandemia.

Dado que el otro objetivo principal de la revitalización comercial es el sostenimiento de los comercios, el análisis continúa con un análisis comparado de las ventas minoristas entre 2022 (año de realización de las actuaciones) y un año de referencia pre-pandemia como es 2019. La [figura 6.7] muestra cómo el año 2022 ha supuesto un progreso generalizado tanto en transacciones como en importe. Nuevamente, y aunque la literatura sugiere una relación directa entre flujo peatonal y ventas -hecho que el análisis confirmaría- no pueden excluirse fenómenos externos en el aumento de las ventas, como el fin de la restricciones y el aumento de la inflación en 2022.

El análisis se completa con una visualización del importe agregado de las compras en pequeños comercios, y su distribución por sectores antes de la pandemia y durante el confinamiento. La naturaleza de los datos de transacciones en comercios permite esta desagregación por sectores, algo positivo para afinar los análisis de comportamiento de las ventas comerciales.

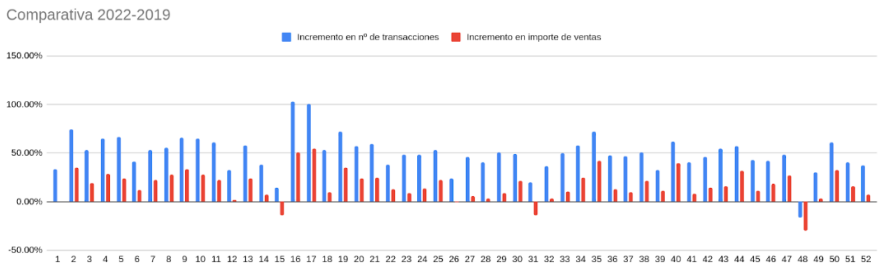
En la comparativa entre meses se observa la contracción del consumo (disminu-

[figura 6.6]

Arriba-Izquierda: Variación de la distribución de la intensidad del tráfico peatonal en la calle Delicias julio de 2021 respecto a julio de 2022, primer mes de verano en los que los toldos de protección para el sol estaban instalados. Arriba-centro: ídem entre julio 2020 y julio de 2022 (la gráfica se lee inversamente: los tonos marrones indican un impacto positivo de los toldos y los verdes un impacto negativo. Los tonos blancos indican un impacto neutro.) Arriba-derecha. situación de las actuaciones realizadas en diciembre de 2022. Abajo-izquierda: variación de la distribución de la intensidad del tráfico peatonal en la calle Delicias entre enero de 2020 y enero de 2023, primer mes en que las actuaciones relativas a su paseo comercial estaban ya completadas. Abajo-centro: ídem entre enero de 2021 y enero 2023. Abajo-derecha, ídem entre enero de 2022 y enero de 2023. (Elaboración propia)

[figura 6.7]

Variación de las ventas minoristas en la calle Delicias entre 2022 y 2019 (año de referencia) por semanas. Autor: equipo Datalab (Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento), a partir de datos de Ibercaja.



ción en el radio de los círculos) y la **redistribución del gasto hacia las compras de primera necesidad** como Supermercados y Alimentación y, en menor medida, Salud, desde sectores como la Moda y Estética. El radio de los círculos muestra cómo, ya en julio de 2021, el volumen total de consumo había alcanzado los niveles previos a la pandemia (ver arriba gráfica de noviembre de 2019). En la última figura el radio de los círculos muestra cómo **aumenta el volumen total de gasto** en la Calle Delicias a finales de 2021 respecto a 2019, una variación que, desestacionalizada, podría deberse al impacto de las actuaciones pero también a un fenómeno externo como la subida generalizada de la inflación a partir de ese año como resultado de fenómenos globales.[32]

[32] Situación pre-bélica en Ucrania, tensión en la cadena global de suministro como resultado de problemas en el abastecimiento de componentes electrónicos, o de la situación puntual de bloqueo en el Canal de Suez.

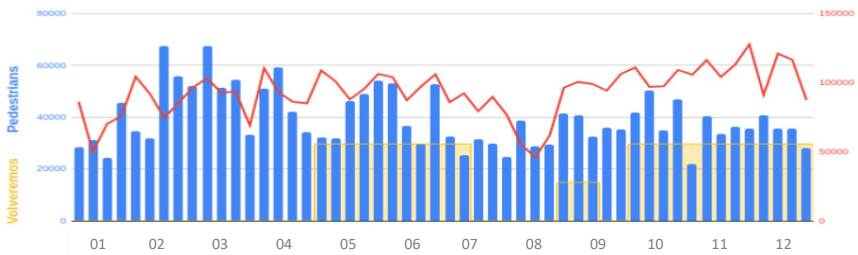
Conclusiones:

El objetivo del análisis previo no es juzgar las actuaciones realizadas en C/ Delicias, sino solamente la viabilidad y adecuación del Mínimo Producto Viable de sistema de compartición de datos. En este sentido, como se ha visto, los análisis combinados de afluencias y ventas permiten un mejor conocimiento de la evolución de ambos parámetros tanto en el plano temporal como espacial. No obstante, se subrayan a continuación las limitaciones del actual prototipo:

- inicio de la serie temporal: no se disponen de datos previos a 2019 -en el caso de las transacciones- y 2020 -en el de las afluencias peatonales-. En el contexto de pandemia esto constituye una limitación, dado lo excepcional de la situación que el espacio público ha vivido en estos años. Sería deseable **aumentar la serie temporal de datos** pre-pandemia. No obstante, esta limitación se suaviza a lo largo del tiempo. Evidentemente, cuanto mayor es la serie temporal más utilidad tiene.
- no se incorpora una correlación automatizada con actividades en el espacio público. Por ejemplo, en el caso del Paseo Comercial de C/ Delicias se ha establecido una rica agenda de actividades de animación del espacio público. Estas actividades, junto con otras ligadas a festividades locales, podrían incorporarse con relativa facilidad de manera automática dado que se suelen publicar en formato de datos abiertos legible por máquinas. En proyectos de revitalización de espacio público **se sugiere añadir datos de agenda de eventos**.
- no se incorporan otros **factores exógenos** como climatología, inflación, etc, que pueden influir en diversas escalas temporales. En estos casos, tanto la Agencia Española de Meteorología (AEMET) como el Instituto Nacional de Estadística (INE) publican en datos abiertos esta información, por lo que por lo que la inclusión de estos datos en el *sandbox* podría automatizarse con un limitado esfuerzo en programación.

[figura 6.8]

Evolución semanal del tráfico peatonal (azul), de las ventas minoristas (rojo) dentro y fuera de las campañas de Volveremos (amarillo) en 2021. Autor: equipo Datalab (Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento), a partir de datos de Ibercaja y de *MyTraffic*.

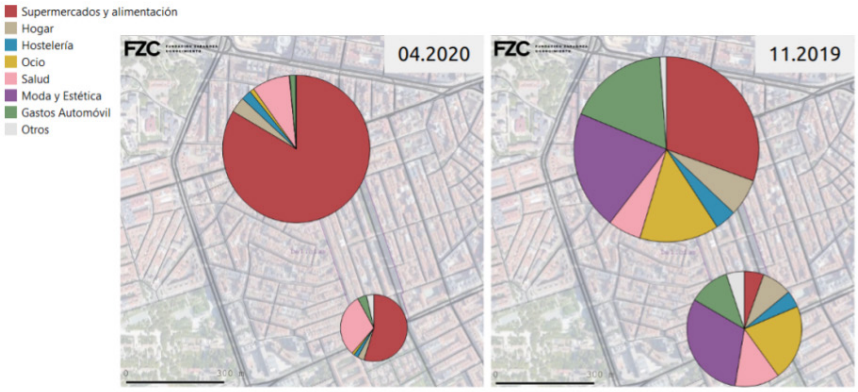


[figura 6.9]

Evolución semanal del tráfico peatonal (azul), de las ventas minoristas (rojo) dentro y fuera de las campañas de Volveremos (amarillo) en 2022, a parti de datos de Ibercaja y de *MyTraffic*.

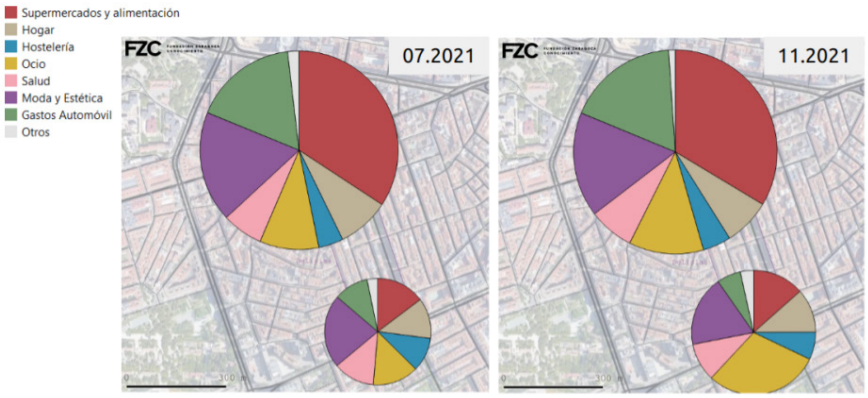
[figura 6.10]

Distribución por sectores y volumen total de las compras mensuales en pequeños comercios de la zona de C/ Delicias antes de la pandemia (dcha.) y durante el confinamiento (izda.).



[figura 6.11]

Distribución por sectores y volumen total de las compras mensuales en pequeños comercios de la zona de C/ Delicias en dos momentos de 2021.



Señalado lo anterior, se espera haber demostrado que el Mínimo Producto Viable presentado constituye un prototipo válido con el que realizar un análisis informado de los proyectos de revitalización del espacio público comercial. No obstante, y como se ha señalado, el MVP presentado tiene limitaciones, por lo que -enmarcado en una metodología de diseño urbano evolutivo- puede y debe ser mejorado para actuar como verdadero sistema de apoyo a la decisión en ese tipo de proyectos. Un encaje metodológico que se completará en el capítulo final de la investigación.

[6.3.3] Consideraciones finales

El proyecto del Paseo Comercial de la Calle Delicias, formando parte de un amplio plan que comporta, no sólo actuaciones en otras 12 galerías comerciales en otros tantos distritos, sino también actuaciones estructurantes en materia de movilidad (red de carriles bici entre galerías) o digitalización (creación de un marketplace para compras *on-line* común). Cabría preguntarse, por tanto, sobre la potencial extensión del modelo a tenor del marco de análisis de proyectos que la investigación propone, y que además del *sandbox* presentado en esta sección incluye recomendaciones acerca del uso y gobernanza de los datos, de la participación multi-agente a través de los laboratorios cívicos, o de la inclusión de la componente perceptiva.

Por ello, la primera consideración constata que, aunque no es objeto de la tesis evaluar el proyecto del Paseo Comercial de C/ Delicias, sí que hay que señalar que del análisis de sección anterior se concluye que tras las actuaciones **han aumentado las magnitudes de interés más relevantes**. Como se ve en los distintos mapas de calor diferenciales, la variación de la afluencia de visitantes es positiva en la mayor parte de la calle [figura 6.6]. En cuanto al número e importe de transacciones comerciales [figura 6.7], éstas han aumentado también en prácticamente la totalidad de las semanas del año. Consecuentemente, las ventas totales en el entorno de la C/ Delicias fueron mayores en 2021 [figura 6.11] que en 2019 -antes de la pandemia- [figura 6.10]. Como ya se ha advertido, sería aventurado afirmar que esta mejora de ventas y afluencias se deben exclusivamente a las actuaciones realizadas, sino que factores externos podrían estar también en juego. Para aislar estas variables, sería necesario, por un lado, un análisis comparado de actividad comercial con otras zonas no sujetas a actuaciones y, por otro, un conocimiento profundo de la evolución del sector comercial en su conjunto durante el periodo de análisis. Eso sí, para el primero de los análisis podría usarse este mismo sistema, aplicado a esa "zona comercial o área de estudio de control".

La segunda consideración es que el **esquema de medida de impacto es análogo al que se emplea en los centros comerciales**. Lo es al menos a nivel metodológico o conceptual, ya que los centros comerciales disponen de plataformas mucho más sofisticadas -y costosas-. Mediante una visita de campo y una entrevista en profundidad con el personal de gestión de uno de estos centros comerciales de nueva generación como La Torre Outlet de Zaragoza[33] se pudo constatar el uso avanzado que de la reco-

[33] El centro comercial de la Torre Outlet Zaragoza. que ocupa una superficie de 61.500 m2 en el Km 6,5 de la Autovía de Logroño, en Zaragoza y que alberga 60 establecimientos comerciales de moda y unos 10 restaurantes agrupados en torno a diversos espacios y galerías (Ruiz, 2022).

lección y analítica de datos realizan estos complejos comerciales. Como otros centros comerciales de nueva generación, La Torre Outlet extrae datos para la gestión del negocio de diversas fuentes: señal WiFi captada por antenas instaladas en el recinto, cámaras CCTV, datos de ventas y facturación proporcionados por los establecimientos, sensores de conteo de vehículos, redes sociales y página web, y carteles digitales, equipados con cámaras. Estos datos -anonimizados- se integran en una plataforma central que sirve como elemento de ayuda a la explotación, gracias a lo cual es posible comprobar de manera instantánea los efectos de los cambios y actuaciones sobre el espacio físico y digital del centro comercial (Ana Sacristán, entrevista personal, 29 de septiembre de 2021). Gracias a la explotación de esta información los gestores del negocio pueden conocer en cuasi-tiempo real la ocupación del espacio, así como el rendimiento económico que cada inquilino obtiene de su presencia en La Torre Outlet.

La tercera consideración -quizás la de mayor calado- aborda **la dificultad de trasladar modelos que funcionan en ámbitos privados al espacio público**, asunto que merece ser tratado con algo más de profundidad. El Plan Local de Equipamientos Comerciales de Zaragoza, del cual el paseo comercial de C/ Delicias es el primer ejemplo, surge de la idea de trasladar al pequeño comercio algunas de las técnicas ya probadas en los centros comerciales de nueva generación a cielo abierto -como el citado Torre Outlet-. Como se ha descrito en esta sección, en este primer paseo comercial se han probado varios elementos importados de los centros comerciales: la creación de atmósferas a través de tecnologías y elementos ambientales -pórticos, arte y displays digitales-, y la recolección y analitica de datos -ambientales y de actividad- a través de sensores. Sin embargo, no puede hablarse de diseño urbano ágil en sentido estricto cuando en 4 años solo ha podido realizarse -y de manera parcial- uno de los 12 paseos comerciales proyectados. Este avance lento demuestra las dificultades prácticas para trasladar de una manera ágil el paradigma de los centros comerciales privados al espacio público comercial. Entre estas dificultades podemos citar las siguientes:

- La **sensorización del espacio público** conlleva intervenciones de obra civil, costosas en lo económico y para las cuales es necesario realizar largos procesos de contratación pública. En el caso de la C/ Delicias esta dificultad se ha tratado de superar mediante dos fórmulas imaginativas. Por un lado, se ha encargado a la Cámara de Comercio -con mecanismos de contratación más ágiles sobre el papel que los de una administración pública- la gestión de la ingeniería. Por otro, se ha sustituido la fórmula de contratación pública por la de subvención pública. Así, la mayoría de las actuaciones -con excepción de la instalación de los toldos, de los pórticos y de las nuevas luminarias- han sido resultado de los proyectos ganadores de las subvenciones a los llamados "Retos de Innovación Comercial" (Ayuntamiento de Zaragoza, 2022). El traslado a entidades privadas de las responsabilidades públicas nos retrotrae al caso de *Toronto Tomorrow* donde, a una escala evidentemente mucho mayor, la sensorización del espacio público fue encargada a Sidewalk Labs con

los resultados ya conocidos. Ello demuestra tanto la recurrencia del problema como la complejidad de su solución.

- La recolección y **analítica de datos** en el espacio público puede entrar en conflicto con ciertos derechos digitales como la privacidad, además de suponer un riesgo político y un desafío para el Ayuntamiento, encargado de tratar los datos de manera escrupulosa con la legalidad. En el caso de C/ Delicias este asunto ha sido igualmente soslayado dejando en manos de las empresas receptoras de las subvenciones de proyectos de sensorización la responsabilidad de recolectar y tratar los datos. El inconveniente de este enfoque consiste en la limitación en el acceso a los datos por terceras partes y por el propio Ayuntamiento.[34] De esta manera, se pierde parte del potencial que la explotación de estos datos posee para la mejora de las políticas públicas. Si Sidewalk Labs en *Toronto Tomorrow* propuso la creación de una entidad llamada *Civic Data Trust* para la custodia, análisis y conexión con la innovación de la información y conocimiento generados a partir de los datos urbanos, fue en parte porque se era consciente de la limitación de las administraciones para realizar estas labores. La fuerte contestación que recibió esa solución da idea nuevamente de la necesidad de buscar posibles terceras vías.
- También existen **dificultades para la recolección y el tratamiento de los datos privados de los comercios minoristas**, pues éstos no tienen la obligación de proporcionar datos de facturación a terceros para evaluar así su desempeño económico. Esto se debe a que no hay un gestor propiamente dicho del espacio público comercial, a diferencia de lo que ocurre en los centros comerciales. Para evitar este inconveniente en este caso de estudio se ha contado con datos de ventas de dos fuentes indirectas: Ibercaja Banco -que proporciona transacciones de sus clientes de manera agregada y anonimizada- y la aplicación municipal Volveremos. Ninguna de ellas contempla el 100% de las operaciones. Ibercaja Banco -entidad aragonesa de fuerte implantación en el sector comercial- posee una cuota de mercado importante en Zaragoza, por lo que sus datos son representativos del pulso comercial de la ciudad.[35] Adicionalmente, muchos comercios de la zona pertenecen a la red Volveremos -el programa de descuentos para el pequeño comercio auspiciado por el Ayuntamiento de Zaragoza- y por tanto algunas de sus ventas quedan registradas en las bases de datos de la aplicación.[36] A efectos de conocer la evolución del impacto de las actuaciones no es especialmente relevante el no disponer de valores absolutos, pues para la metodología propuesta lo importante es el progreso y las diferencias antes y después de las actuaciones. Asumimos para ello que entre dos medidas no hay variaciones significativas en las cuotas de mercado de Ibercaja Banco ni en la penetración de Volveremos, lo cual es una hipótesis razonable si las medidas se realizan en una escala temporal relativamente corta, como es el caso. Lo anterior no es óbice para señalar la dificultad de trabajar en el ámbito público con una información tan precisa como la que disponen los gestores de los centros comerciales. A los efectos de disminuir esta imprecisión, podría pensarse en ofrecer a los comerciantes **fórmulas altruistas de compartición de datos**,

[34] A fecha actual tales datos no figuran en el extenso catálogo de datos abiertos del Ayuntamiento de Zaragoza y no son, ni siquiera de forma agregada, accesibles por terceros.

[35] La entidad Ibercaja Banco no ha revelado el porcentaje exacto de su cuota de mercado en Zaragoza, pero dado su arraigo e implantación en la ciudad podemos suponer que ésta es significativa.

[36] Nuevamente, no es posible determinar el porcentaje de ventas en cada comercio que se efectúa a través de la aplicación de Volveremos ya que no se conoce el total de ventas de cada comercio.

a cambio de la confianza en usarlos para la mejora del entorno físico y digital en el que realizan su actividad. Se trata de una posibilidad contemplada en las nuevas normativas europeas sobre datos, como se ha señalado en el capítulo 5.

- Finalmente, hay un **problema de retorno económico**, dado que los costes de implantación y operación de las plataformas digitales de explotación (licencias, consultoría, servicios, personal, alojamiento de servidores, etc) no están respaldados por una recuperación de la inversión a medio plazo. Esta es una de las razones que sustentan el propósito de la investigación de proponer un Mínimo Producto Viable -sencillo y de bajo coste- de datos compartidos para la evaluación del impacto. En el caso del paseo comercial de la C/ Delicias, las actuaciones financiadas vía subvención que contemplaban sensorización y recolección de datos no han exigido la puesta en marcha de sistemas específicos de analítica de datos, al ser adjudicadas a empresas -como *Space Retail*, responsable de una solución de medida de aforos- que ya poseen esta infraestructura de datos y que, por tanto, solo tienen que añadir un coste marginal para el caso de C/ Delicias.[37] El inconveniente de esta solución ya se ha señalado anteriormente, y tiene que ver con la dificultad por parte de las administraciones de acceder a esas plataformas privadas de gestión. No existe una salida fácil al embrollo, ya que cuando las ciudades invierten en sus propias plataformas de gestión -con fondos externos, por ejemplo, provenientes de subvenciones europeas- a menudo se minusvalora la necesidad de recursos adicionales para alimentar estas plataformas tecnológicas una vez terminada la subvención para su implantación, lo que conlleva en algunos casos a su desactualización y posterior abandono. Los centros de datos europeos están llenos de plataformas urbanas en la nube subvencionadas por fondos europeos que nadie utiliza. Es necesario, por tanto, abordar el asunto económico desde el origen del diseño de los sistemas de analítica de datos urbanos. Para ello, la iteratividad de la **metodología *lean start-up*** y su **concepto de Mínimo Producto Viable** resulta una herramienta especialmente adecuada, pues asegura comenzar con un sistema sencillo y de bajo coste, cuya capacidad de proveer valor económico para los agentes -comerciantes y administraciones, principalmente- será su principal combustible para crecer.

En resumen, el ejemplo práctico del Paseo Comercial de la C/ Delicias ilustra las principales tensiones que aparecen cuando las administraciones intentan practicar un diseño urbano digital basado en datos. El hecho de que el tamaño de la actuación sea mucho más reducida que el caso de *Toronto Tomorrow* presentado en el capítulo 5 significa que no estamos ante una cuestión de escala: las administraciones de Toronto hubieran podido anticipar los problemas a los que su proyecto se enfrentaría con un prototipo mucho más reducido. De haber procedido en modo *lean start-up*, tras el primer fracaso hubiesen podido ajustar -pivotar- el proyecto para adaptarlo al *feedback* del entorno. Alternativamente, hubiesen podido decidir descartar la idea, en cuyo caso el abandono hubiese sucedido en una fase mucho más temprana, con grandes ahorros de recursos públicos y de costes en términos de desgaste político e institucional.

[37] Es preciso volver a señalar que los datos de los sensores instalados en C/ Delicias no se han usado para la investigación.. Aunque podrían aportar valiosa información sobre las actuaciones, su no utilización no impacta en los resultados de la tesis pues dichas plataformas -de coste elevado, propietarias, muy verticalizadas y cerradas- no ofrecerían en todo caso una aportación significativa al propósito de la tesis de proponer un sistema de medida de impacto sencillo, abierto y de datos compartidos.

CONCLUSIONES

DISEÑO URBANO DIGITAL ÁGIL Y DE BAJO COSTE.
UNA METODOLOGÍA ITERATIVA DE PROYECTOS PARA EL ESPACIO PÚBLICO COMERCIAL BASADA EN *BIG DATA*.

[7] CONCLUSIONES

La principal hipótesis de la investigación -que los principios metodológicos evolutivos combinados con la analítica de datos de flujos de actividad pueden efectivamente ayudar a optimizar la producción de espacios físicos y servicios digitales- descansa sobre una serie de hipótesis o ideas secundarias que la tesis ha ayudado a contrastar mediante el desarrollo de un marco teórico a partir de ciertos paradigmas históricos y contemporáneos del diseño urbano (capítulo 2), de un esquema de representación del espacio en base a flujos (capítulo 3), del análisis de la psicogeográfica aplicable a proyectos (capítulo 4), y de la implementación de un MVP o "Mínimo Producto Viable" de sistema de análisis de proyectos de diseño urbano evolutivo de bajo coste, realizado a partir de datos urbanos (capítulos 5 y 6).

De manera resumida, dichas hipótesis se sustentan en la idea de que representar y comprender los flujos de actividad urbana es básico para el diseño urbano, incluso si hay que trabajar con datos personales, a pesar de la dificultad añadida que éstos presentan. Resulta viable, asimismo, construir sistemas de bajo coste que integren datos urbanos de diversa procedencia y que incluyan -siquiera de manera indirecta- la percepción de los usuarios sobre el espacio público comercial.

Para completar los objetivos de la tesis, queda probar que, al menos en ciertos contextos, el proceso de diseño mejora cuando se integra en él la construcción iterativa de prototipos, y que para ello -y especialmente en la actual era digital y de saberes distribuidos-, un diseño urbano que conjugue las necesidades de la ciudad y las aspiraciones de la ciudadanía pasa por involucrar a los laboratorios urbanos en su doble función de ágoras y talleres. En consecuencia, este capítulo conclusivo ordenará los principios metodológicos esbozados hasta aquí y los presentará en una metodología que ilustrará, además, la manera de integrar los dos principales recursos -*sandbox* de datos y laboratorios cívicos- presentados en la investigación.

[7.1] RESULTADO DEL ANÁLISIS PREVIO

En base a lo anterior, y partiendo de un análisis condensado del contexto histórico y del estado del arte de las principales cuestiones que la tesis aborda, las conclusiones que a continuación se exponen contienen los principios metodológicos, recursos y herramientas necesarios para demostrar la viabilidad de implementación a bajo coste de un entorno de diseño urbano iterativo basado en datos de actividad a pequeña escala y en cuasi-tiempo real.

[7.1.1] Contexto e influencias históricas

La formulación de las hipótesis y subhipótesis de la tesis se enmarca dentro de unas determinadas influencias históricas y paradigmas contemporáneos que concluyen que el diseño urbano hoy es un concepto sobre el que no acaba de haber consenso, que ha evolucionado desde la inicial definición de "puente entre el planeamiento y la arquitectura" hacia un conjunto de campos de acción mucho más rico y variado con una elevada componente interdisciplinar. Una posible síntesis de las definiciones

del diseño urbano en los términos más alineados con la tesis podría ser considerar el diseño urbano como esa **herramienta de construcción social que puede favorecer un crecimiento urbano inteligente ayudando a mejorar la infraestructura -física y digital- de la ciudad**. La interdisciplinaridad del diseño urbano (inherente a un campo de conocimiento que, además del saber arquitectónico y de las capacidades de diseño, requiere otras habilidades, p.e. sociológicas, económicas, ingenieriles o políticas) se ha visto reforzada precisamente por la irrupción en la disciplina del diseño digital en su triple vertiente de:

- **objeto** de diseño, ya que hoy en día hay que diseñar también las infraestructuras digitales que pueblan e influyen en el espacio público
- de **instrumento**, pues es apenas concebible ejercer la profesión sin servirse de ellas
- de **método**, pues el mundo digital es fértil productor de nuevas metodologías de diseño ágiles y centradas en el usuario.

Por otra parte, debido a la fuerza combinada de la llegada de las tecnologías digitales y de una mayor apertura participativa, se ha puesto de manifiesto la aparición de toda una constelación de **laboratorios urbanos** cuyo papel en la disciplina no es meramente testimonial y cuya inclusión en la metodología debe, por tanto, abordarse. De la amplia tipología de laboratorios urbanos existentes, se ha concluido que son especialmente interesantes aquellos que aúnan las capacidades **de diseño y fabricación de objetos físicos y digitales con una conexión ciudadana y organizativa** dentro de los ecosistemas municipales. Se trata de una combinación tecnológica y organizativa que sitúa a estos espacios en buena posición para incidir sobre proyectos reales de ciudad. Los llamados *fab-labs*, que aglutinan y generan nuevo conocimiento abierto y distribuido en torno a las tecnologías de diseño y fabricación, atesoran así un potencial para el diseño urbano que dista mucho de estar todavía materializado.

La concepción abierta que de la producción poseen los *fab-labs* -a menudo sustentada en licencias libres-, junto con su carácter transparente y comunitario, otorga a estos espacios un rol no desdeñable en la producción tanto de las futuras infraestructuras digitales destinadas a permear el espacio público -como redes, sensores o *displays*- como de los sistemas de recolección y analítca de datos que toda esa infraestructura digital inevitablemente lleva consigo. Las **"e-topias" -ciudades híbridas entre el plano físico y digital-** aventuradas por William J. Mitchell en la década de los noventa del pasado siglo, ya son una realidad. Ante ello, la acelerada evolución tecnológica hace preciso reforzar su carácter comunitario y transparente para conjurar -o, al menos, mitigar- los bien documentados riesgos que tecnologías como el *big data*, Internet de las Cosas (*IoT*), o la Inteligencia Artificial presentan en materia de derechos digitales individuales. Es evidente que la imparable digitalización abre nuevos campos para las personas que ejerzan la profesión del diseño urbano en los años venideros. Para ello, es seguro que contarán con muchos más **datos** para comprender la actividad y el comportamiento humano que sus predecesores.

La incorporación de los elementos anteriores -datos, saberes interdisciplinares, ampliación de la participación del sujeto en el diseño, nuevos laboratorios, iterativividad en el proceso conjunto diseño-construcción, e hibridación de lo físico y digital-, suponen importantes **innovaciones en procesos** que afectarán a los proyectos de diseño urbano del futuro. Por ello, a partir de un análisis preliminar de algunas de las limitaciones de la práctica del diseño urbano hoy en día, en los capítulos anteriores se ha justificado y explorado la aplicación a la disciplina de dos metodologías innovadoras provenientes del mundo digital como las **metodologías ágiles y** *lean start-up*.

Finalmente, el objetivo proyectual queda fuertemente influenciado por la concepción de la ciudad como una red de redes, para la que la aplicación de la Ley de Metcalfe demuestra el valor del espacio público que **favorezca las interacciones y que refuerce el carácter nodal de la calle comercial** (por encima de su carácter de enlace). O, en palabras de Richard Sennett, que refuerce su carácter de "lugar" que habitar por encima de su carácter de "espacio" por el que transitar. Se privilegia así el aspecto social y económico de la calle respecto al logístico.

[7.1.2] Marco de análisis: termodinámica y psicogeografía

La investigación ha desarrollado también el marco teórico que justifica la pertinencia del enfoque iterativo y evolutivo en base a la naturaleza social, compleja y ecosistémica de la ciudad. Dicho marco teórico se apoya en el **análisis de flujos de actividad** como instrumento para conocer las fuerzas que impulsan algunos de los procesos urbanísticos y aporta un original enfoque termodinámico para mirar y comprender dichos procesos. Soporta asimismo la idea de la inclusión de la **determinación del lugar donde situar el proyecto** -cuya incorrecta elección es a menudo fuente de problemas- dentro del proceso de diseño urbano. Y finalmente concluye que la relación bi-direccional entre flujos de actividad y arquitectura se hace más eficiente -y, por tanto, sostenible- si ésta va a favor de actividades ya preexistentes en la zona.

Para adoptar este esquema de trabajo y caracterizar las dinámicas urbanas a pequeña y gran escala es preciso recurrir a la analítica de datos urbanos. Datos en cuasi tiempo real, de resolución temporal variable, y georreferenciados. El recurso al ***big data* urbano** abre la puerta también al uso de la inteligencia artificial para la identificación de esos patrones de interacciones o esos nodos ocultos de actividad difíciles de apreciar por un humano. Sin embargo, la tesis concluye que la mera mención a la inteligencia artificial abre de inmediato una nueva posibilidad no de una índole tan práctica sino especulativa: que la configuración orgánica de la ciudad sea, en sí misma, la respuesta algorítmica al problema urbano. Un problema no siempre bien formulado, pero a cuya solución quizás es posible aproximarse mejor al mirar la ciudad, además de a través de la cartografía estática en dos dimensiones, desde las **nuevas cartografías en forma de grafos** para representar mejor los flujos dinámicos de actividad urbana.

El marco teórico se completa en el capítulo 4 con la **perspectiva psicogeográfica**, como vía para incorporar la dimensión humana en el diseño. Hoy en día, los centros comerciales de última generación son uno de los mejores lugares para estudiar la acción combinada de técnicas de creación de ambientes de inspiración psicogeográfica en pos de crear unidades de ambiente híbridas -entre lo físico y lo digital- que predisponen el cerebro para las compras compulsivas. Unos estímulos cerebrales que no tienen únicamente lugar dentro del centro comercial sino mucho antes, en los **espacios de comportamiento** -hogares, centros de trabajo- donde los individuos toman algunas de las decisiones relevantes para la actividad comercial y que deben ser considerados en los sistemas de análisis proyectuales.

Esas unidades de ambiente híbridas pueden activar mecanismos psíquicos de resonancia evolutiva tanto mediante propiedades del entorno físico como digital. Si bien las propiedades que tienen que ver con la **gobernanza del espacio** -como la capacidad de reconfiguración o de apropiación- sólo están al alcance en entornos públicos, la mayor parte de ellas se dan con más frecuencia en entornos privados como centros comerciales o sedes corporativas de grandes empresas. Sin embargo, hoy en día la tecnología propone nuevas e inexploradas posibilidades de desarrollo experimental de la psicogeografía urbana para su aplicación en entornos públicos. Para conseguirlo a un coste razonable, es preciso plantear una aproximación a la **psicogeografía urbana experimental *low-tech***. Una aproximación que implica poner de nuevo el foco en los procesos y que es plenamente consistente con los principios *lean start-up*.

Una de estas posibilidades es la **construcción de mapas mentales colectivos digitales** que superen algunas de las limitaciones prácticas que encontró Lynch para su aplicación efectiva en la praxis urbanística, tanto en el diseño de la movilidad como del espacio público comercial -dos campos estrechamente relacionados-. Combinados con técnicas de *sentiment analysis*, se pueden generar también **mapas sentimentales** con los que entender mejor las dinámicas comerciales urbanas. La representación de esta componente sentimental o psicológica precisa de la realización creativa de nuevas cartografías basadas en geometrías no estrictamente euclídeas.

Para todo ello, la tecnología ya está disponible, pero no así los datos fuente, que en muchos casos pertenecen a empresas privadas que no los facilitan de buen grado a las administraciones públicas, responsables en último término del funcionamiento de cualquier espacio público. La **batalla por el control del *smartphone*** que se libra entre los gigantes digitales esconde, en realidad, la batalla por apropiarse del mapa mental colectivo y poder así influir en el consumo impulsivo de millones de individuos.

[7.1.3] Marco de la síntesis: límites y posibilidades del *big data* urbano

Habiendo quedado establecido que la caracterización multi-dimensional del problema urbano requiere del recurso a datos de fuentes diversas, tanto públicas como privadas, la investigación ha abordado los principales aspectos prácticos de la compartición de datos público-privada. Mediante el análisis a fondo del caso de *Toronto Tomorrow* -que puso de manifiesto tanto las oportunidades como los riesgos de unir todos los datos de la huella humana en la ciudad en la misma mano propiedad de un gigante digital como Alphabet- se desgranan tanto las **estimulantes oportunidades para la innovación urbana como sus riesgos asociados**, derivados éstos del monopolio de la propiedad y explotación de los datos asociados a nuestra huella digital personal.

El análisis se completa con un **estudio sobre los aspectos organizativos, técnicos y normativos** que acompañan a la construcción de **sistemas de datos compartidos**. Análisis que demuestra que existen prometedoras vías de trabajo -abiertas con la ayuda de la reciente pandemia y la actual crisis climática y a la espera de ser lideradas por administraciones públicas u otros entes sin ánimo de lucro- que incluyen datos personales y que consiguen por otra parte mitigar algunos de los principales riesgos que *Toronto Tomorrow* puso de manifiesto. En base a dicho análisis, y siguiendo el enfoque *lean start-up* de la tesis, se ha presentado un Mínimo Producto Viable para un **sistema de medida de impacto de actuaciones de urbanismo táctico** -compatible con las metodologías evolutivas- y se ha ilustrado su aplicación a un proyecto de revitalización del espacio público comercial.

Corresponde ahora culminar la investigación con la presentación de las conclusiones metodológicas que se derivan de la aplicación del marco teórico -expuesto en la primera parte de la tesis- al ámbito experimental. Así, proponemos una **metodología de diseño urbano ágil y** *lean start-up* **en 4 etapas** que acompañamos de varios ejemplos o casos prácticos de proyectos de diseño de espacios y servicios públicos. Se trata de proyectos en los que este investigador ha participado y que han sido llevados a cabo en los años de fragua y escritura de la tesis. Aunque cada uno de los ejemplos ilustran sólo de manera parcial el uso de los recursos, herramientas y metodología propuestos, el conjunto muestra el camino para seguir investigando en pos de una metodología evolutiva aplicable al diseño urbano digital.

Los ejemplos aplican el principio de usar la **mínima tecnología posible**[1] y muestran también cómo, adoptando el enfoque metodológico adecuado, la sostenibilidad, tanto económica como medioambiental (dos ámbitos cada vez más relacionados debido al rampante coste energético), puede formar parte nuclear del proceso. Finalmente, los recursos y metodologías presentados sitúan al usuario y a la componente perceptiva en el centro a la hora de establecer las funcionalidades del diseño, su continuidad y su crecimiento.

[1] La elección de los ejemplos contiene una crítica implícita al fenómeno de las *smart cities*, en las que frecuentemente se abusa de la tecnología sin que ello tenga un fin suficientemente claro o justificado.

[7.2] METODOLOGÍA

A continuación, y como conclusión metodológica y experimental a la tesis, se propone una posible estructura de metodología de diseño urbano ágil y evolutiva que aplica principios ágiles y *lean start-up* y que se articula en cuatro fases:

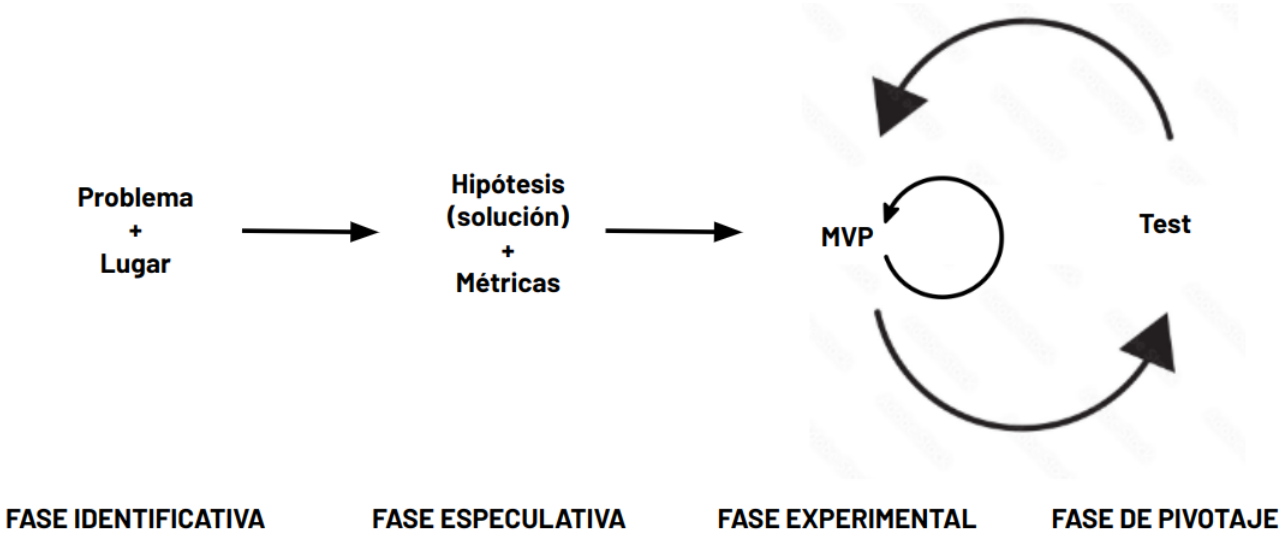
- Fase **identificativa**, en la que se definirán el problema, sus métricas, así como el lugar para la realización del proyecto.
- Fase **especulativa**, con la formulación de la hipótesis que -presumiblemente- dará solución al problema identificado en la primera fase.
- Fase **experimental**, consistente en la construcción del experimento para validar o refutar la anterior hipótesis, en base a la construcción de un Mínimo Producto Viable.
- Fase **de pivotaje**, que determinará si se sigue con la idea inicial, invirtiendo en convertir el Mínimo Producto Viable en un proyecto totalmente funcional, o si por el contrario es preciso cambiar alguna de sus características.

Hay que señalar que las dos últimas fases -experimental y de pivotaje- están concebidas para ser realizadas de manera cíclica o iterativa.

Cada fase se ilustra con un ejemplo de proyecto en el que, invariablemente, ha participado este investigador. Como se verá, ningún ejemplo cubre la totalidad de las fases o recursos propuestos, pero todos ellos consiguen abarcar, si bien de manera fragmentada, el conjunto de la metodología. La metodología propuesta es, así, fruto de la experiencia práctica, y de la necesidad de cubrir los huecos o carencias detectados en los proyectos acometidos.

[figura 7.1]

Diagrama de la metodología propuesta.
(Elaboración propia)



[7.2.1] Fase identificativa

La mayor parte de los proyectos que nos ocupan comienzan por la identificación de un problema -aunque esta identificación pueda ser explícita o implícita- y por la elección de un lugar. Respecto al primero de los asuntos, hay que decir que el problema debe ser definido tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Existen multitud de técnicas para trabajar en la caracterización del problema de diseño. Como se sugiere en el capítulo 2, el diseño de servicios o *design thinking* es una de estas técnicas de probada eficacia en entornos multiagente, existiendo además abundante literatura sobre su aplicación. La propuesta diferencial de la investigación al respecto es la aplicación de la analítica de datos para equilibrar con objetividad las subjetivas dinámicas que tienen lugar en las sesiones de diseño de servicios.[2]

Acerca de la elección del lugar, en el análisis previo se ha señalado que el diseño urbano tiene lugar normalmente de manera secuencial respecto al planeamiento. Éste último suele incluir dentro de sus resultados la identificación del problema y la determinación de los lugares indicados para realizar las diversas funciones y actividades urbanas. Sin embargo, como parte de los nuevos principios metodológicos presentados, se propone incluir la determinación del lugar dentro de los procesos que atañen al diseño, puesto que la elección del lugar adecuado para cada actividad ha sido señalada como uno de los problemas de la disciplina. Una propuesta argumentada en base al marco de la analítica de flujos desarrollado en el capítulo 3, donde se ha desarrollado la estrecha relación entre interacciones y espacio urbano.

En el mismo capítulo 3 se ha presentado el ejemplo práctico de la identificación de los intercambiadores de movilidad ocultos en la ciudad de Zaragoza, y cómo el análisis de datos realizado en un *hackathon* informal dio lugar a una interesante propuesta de proyecto. Una vez presentado el *sandbox* de datos en el capítulo 6, podemos aplicarlo para apoyar de manera más formal la sistematización de este análisis previo sobre lugares óptimos para la implementación de proyectos. Para ello se va a tomar de nuevo el Plan Local de Equipamientos Comerciales de Zaragoza que, como ya se ha señalado, contempla la implementación de 12 paseos comerciales en otras tantas zonas de la ciudad con el objetivo de revitalizar su pequeño comercio mediante una batería de actuaciones en espacio público, servicios digitales y movilidad.[3]

Ejemplo práctico: análisis de ubicación de los paseos comerciales

Para abordar el análisis de adecuación de los lugares elegidos a la actividad comercial preexistente, se ha trabajado con los datos de transacciones comerciales ya presentados en el prototipo del *sandbox* de datos descrito en el capítulo 6. Como se explicó en dicho capítulo, las transacciones se posicionan en una retícula irregular compuesta por los cajeros automáticos. Dicha retícula resta precisión geográfica al análisis pero, a cambio, cumple con los requerimientos de privacidad y respeto a la propiedad industrial de los datos.

[2] La aplicación de la analítica de datos urbanos al inicio de un proyecto de diseño se ilustrará un poco más adelante, en la sección 7.2.3, con el ejemplo práctico de diseño de una red de aparcamientos seguros para bicicletas. Nos centraremos en esta sección, por tanto, en el segundo de los asuntos: la identificación del lugar para el proyecto.

[3] Dado que el citado plan ha definido con precisión la localización de los paseos comerciales, sólo cabe un análisis *ex post* de dicha decisión, lo cual no resta valor, como se verá, a la función ilustrativa del ejemplo para apoyar la propuesta metodológica.

[figura 7.2]

Distribución de las transacciones comerciales en Zaragoza respecto a las áreas designadas como paseos comerciales en el Plan de Equipamientos Comerciales (datos de noviembre de 2021). Mapa realizado por el equipo del Datalab.

CONCLUSIONES

El análisis de las 12 galerías comerciales proyectadas arroja las conclusiones siguientes:

- 3 de ellas coinciden con otros tantos nodos de actividad comercial de primer nivel en rojo intenso -Zona Centro, Damas y ACTUR-, sin que haya ningún otro nodo de primer nivel en el que no se haya proyectado una galería comercial. Además, las galerías de Damas y Zona Centro, debido a su alta densidad comercial, contienen varios nodos de segundo nivel cada una. Por tanto, puede decirse que la elección de las tres galerías mencionadas es óptima respecto al criterio de máxima correspondencia entre nivel de actividad y ubicación del proyecto.
- Lo mismo puede decirse de la galería de Casco, que contiene una alta concentración de nodos de segundo nivel sin que haya un nodo de primer nivel en los alrededores que no esté englobado en otra galería.
- Otras dos galerías -Torrero y Delicias- coinciden con dos nodos de segundo nivel, sin que existan alrededor nodos de primer nivel, de manera que puede decirse que su ubicación es también muy adecuada respecto al criterio señalado anteriormente.
- Las galerías de Casablanca y La Almozara, aunque de menor nivel, no cuentan con nodos de actividad superior en las proximidades fuera de las zonas delimitadas por las galerías, por lo que son nodos de alta importancia relativa en su entorno y puede también decirse que, según este análisis, su ubicación responde a la actividad comercial detectada.
- La galería de la City contiene tres nodos de segundo nivel y tiene a poca distancia otros tantos del mismo nivel, por lo que puede decirse que su ubicación en ese lugar o ligeramente desplazada hacia el noreste podría ser discutida.
- Finalmente, las galerías de San José, Las Fuentes y Arrabal poseerían una ubicación discutible según este criterio, ya que en los tres casos se han detectado nodos de actividad comercial superior en las proximidades que no están englobados en ninguna galería.

En resumen, según el criterio de adecuación del lugar a la actividad comercial preexistente, un 75% de los paseos comerciales están en lugares óptimos, y un 25% en lugares discutibles.[3] No obstante lo anterior, el objetivo de presentar este ejemplo no es evaluar el proyecto de las galerías comerciales de Zaragoza sino ilustrar las posibilidades metodológicas.

La recolección continuada de los datos de flujos de actividad comercial cuya visualización se ha presentado en este ejemplo abriría de cara al futuro otra posibilidad: la de monitorizar el impacto en el tiempo de los proyectos de galerías comerciales a medida que estos se vayan ejecutando. Sería posible, en efecto, comprobar hasta qué punto estas nuevas galerías modifican la distribución de actividad comercial, bien

[4] Hay que señalar que a efectos de ilustrar el uso de la metodología, el análisis se ha realizado únicamente en base al criterio de la adecuación de la elección de la ubicación de los paseos comerciales a la actividad comercial preexistente, obviando otros ajenos a la metodología pero igualmente necesarios como podría ser la disponibilidad de suelo, las condiciones de las infraestructuras, la predisposición de los comerciantes de la zona, etc.

atrayendo actividad o influenciando la de su entorno, o modificando el eje gravitacional de clústeres distribuidos de actividad comercial. De ello se deriva la propuesta de usar el *sandbox* de datos en otras dos fases de la metodología, precisamente las que conllevan iteratividad: la fase de experimentación y de pivotaje.

[7.2.2] Fase especulativa

Identificado el problema o reto, procede comenzar a pensar en su posible solución mediante el diseño, algo que en la metodología *lean start-up* se denomina hipótesis -sujeta, por tanto, a verificación-. A la formulación de la hipótesis ha de acompañar la manera de medir su éxito, lo que ha de hacerse en base a un cierto conjunto de indicadores, siendo éste lo más reducido posible como ya se concluyó en el capítulo 6, donde se justificó asimismo que conviene establecer estos indicadores claramente al principio del proceso y publicarlos de manera transparente durante toda la fase de diseño.

Junto al glosario de indicadores, las buenas prácticas descritas en la subsección 5.1.3 aconsejan publicar igualmente los sistemas de medida y recolección de los datos que sustentan los indicadores y sus fórmulas de cálculo. Es preciso resaltar que interesa sobre todo definir el éxito en función de la perspectiva del sujeto, elevándolo en cierto modo sobre el resto de agentes involucrados en el proceso de diseño. Respecto a ello, cabe recordar que todo ejercicio de diseño urbano conlleva un compromiso entre, al menos, tres tipos de agentes: productores, reguladores y usuarios (Madanipour, 2006). En el caso del comercio de proximidad, éstos roles se pueden asimilarse a los comerciantes, al ayuntamiento y a la ciudadanía, respectivamente.[5]

Respecto a la construcción de indicadores de éxito, en el capítulo 6 se mostraron algunas herramientas tecnológicas que ponen el uso de métricas al servicio a proyectos de diseño urbano. Sin embargo, en la mayoría de los casos el coste, el tiempo y los recursos necesarios para adquirir, mantener y alimentar de datos estas plataformas las hacen inasumibles para la mayor parte de los proyectos de urbanismo táctico o de diseño de servicios urbanos digitales. Puesto que en el ámbito directo de la investigación no se dispone de capacidades económicas y tecnológicas para adquirir o usar directa o indirectamente herramientas de ese tipo, se han concentrado los esfuerzos en la selección de los mínimos indicadores con que apoyar los procesos de diseño urbano que se muestran. El siguiente caso práctico ilustra el uso de métricas para un proceso iterativo de diseño de servicios digitales de apoyo al comercio de proximidad.

Ejemplo práctico: Re-creando “Volveremos”

Como se justificó en los capítulos iniciales de la investigación, diseñar la capa digital de la ciudad también es diseño urbano. “Volveremos” es un programa del Ayuntamiento de Zaragoza para apoyar al comercio de proximidad, surgido a consecuencia de la pandemia. Subvenciona las compras en el comercio local a través de sendas apps -una para los comercios y otra para los clientes- y un módulo de gestión

[5] De los tres agentes anteriores, se incorporará en la medida directa del éxito la perspectiva de los comerciantes y de aquellos ciudadanos que son clientes y usuarios del espacio comercial, ya que se asume que la perspectiva del ayuntamiento está satisfecha si los otros dos agentes lo están.

para realizar funcionalidades como altas y bajas, atención a incidencias, o liquidaciones económicas (Sarasa, 2021).

El proyecto se estrenó para la campaña del *Black Friday* de Noviembre de 2020. Con descuentos de hasta el 50% y un presupuesto para subvenciones de alrededor de 1.2 millón de euros, el proyecto fue un éxito fulgurante, hasta el punto de agotar la subvención en poco más de 6 semanas. Con las sucesivas olas de COVID-19 azotando al país, y apoyado en el éxito inicial, "Volveremos" se volvió a poner en marcha en 2021, aunque esta vez con porcentajes de descuento algo inferiores a 2020: 20% de descuento máximo en barrios urbanos y 30% en rurales. A tal efecto, a principios de 2021 se sintetizó una parrilla de indicadores y se activó un modelo de desarrollo de nuevas funcionalidades mediante ciclos cortos de 4 a 8 semanas.

En cuanto a la medida del éxito, se seleccionó un indicador principal de carácter compuesto: el factor de multiplicación, calculado como el volumen total de ventas a través del programa dividido por el presupuesto destinado a la subvención. Este indicador representa la esencia del problema a solucionar, pues indica la capacidad del programa para hacer "volver" una y otra vez a los clientes al comercio de proximidad. Junto al indicador principal, se seleccionaron varios indicadores secundarios, indicándose a continuación los más importantes:

- nº de descargas y usos de la app,
- nº de comercios adheridos,
- ticket medio,
- ventas totales,
- distribución geográfica de las ventas.

Una de sus medidas de éxito puede visualizarse en la [figura 7.3.a], que representa la distribución geográfica de las compras durante la semana del Black Friday de 2021. Los datos mostraron, además, que gran parte de estas compras en el comercio local fueron de electrónica o electrodomésticos, productos que usualmente se adquieren en grandes superficies comerciales.

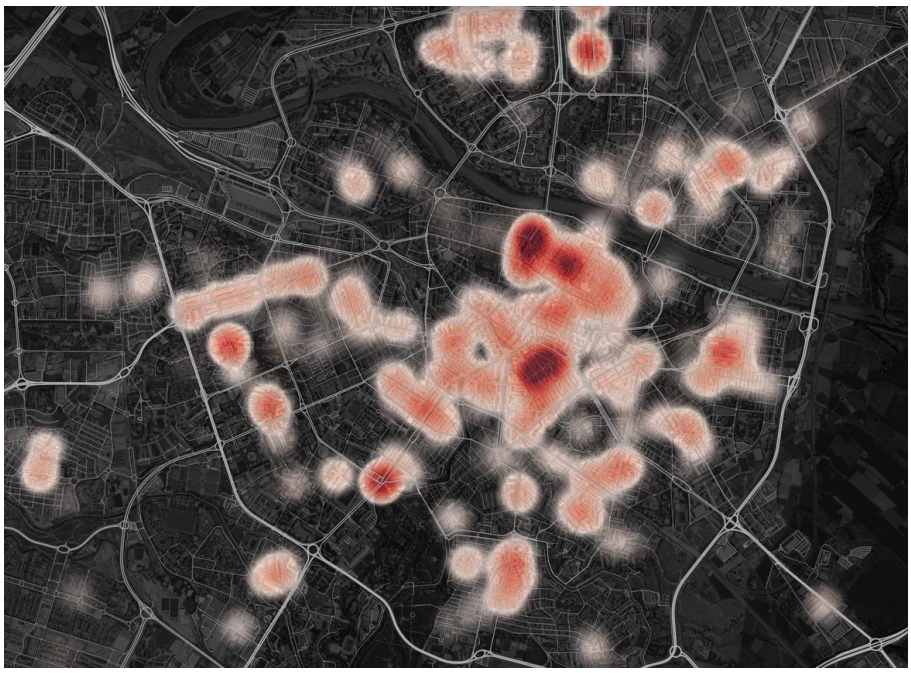
Sin embargo, la campaña 2021 puso en evidencia que, con la pandemia en progresiva remisión y la retirada gradual de estímulos públicos a las empresas, el programa no podía ser sostenible con tan elevados porcentajes de subvención. Para el año 2022 el desafío consistía en la disminución gradual de los porcentajes de subvención a las compras sin que, por ello, las ventas en el comercio de proximidad descendieran. La clave residía en aumentar el factor de multiplicación.

Para lograr dicho objetivo con la implicación de todos los agentes se realizaron a comienzos de 2022 varias sesiones de co-diseño con metodologías *design thinking* abiertas a la ciudadanía, comerciantes y representantes del sector comercial y tecnológico. Sesiones en las que los asistentes disponían de la parrilla de indicadores de éxito. Para facilitar su comprensión e integración en las dinámicas de co-creación, el

[figura 7.3]

a. Compras a través de las apps "Volveremos" en el *Black Friday*. El vídeo completo de la distribución de compras en la semana del Black Friday en Zaragoza está disponible en etopia.es/datalab.

b. Una de las mesas participativas donde, usando técnicas de *design thinking*, se trabajó en la reconfiguración de "Volveremos". Fuente: Etopia.



estudio “300.000 Km/s” desarrolló en unas pocas semanas una herramienta de visualización de los datos del *sandbox* en tiempo real, y el personal de la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento realizó las funciones de mediación en materia de datos.

Las sesiones resultaron enormemente fructíferas. Los datos, junto a la percepción subjetiva de los comerciantes, permitieron repensar los días de funcionamiento del programa, su frecuencia, así como desvelar algunos problemas a mejorar, como la usabilidad. Como resultado del proceso, se ha podido ir rebajando gradualmente el porcentaje de subvención, toda vez que el factor de multiplicación ha ido progresivamente aumentando en las sucesivas campañas, como se muestra en la [tabla 7.1].

[7.2.3] Fase experimental

Aplicando uno de los principios del pensamiento *lean start-up*, es preciso diseñar experimentos al mínimo coste que permitan comprobar la hipótesis principal de diseño. La hipótesis puede ser del tipo “los clientes volverán en masa al comercio de barrio si éstos ofrecen descuentos del 30% a partir de la segunda compra”, o “la plaza del mercado funcionará si conseguimos que coexistan las terrazas con usos propios del mercado como la carga y descarga o la retirada de residuos”.

De esta manera, se propone una fase denominada experimental en la que se aborden las siguientes tareas:

- Diseño del experimento, compuesto por sistema de recolección y análisis de datos y por el Mínimo Producto Viable (MVP), un prototipo realizado con la mínima inversión en recursos, probablemente subóptimo, pero que debe, al menos, permitir probar lo esencial de la hipótesis.
- Construcción del experimento, tarea que se realizará en ciclos relativamente cortos, o *sprints*, en los que el equipo de diseño / construcción tendrá permanentemente en cuenta los requerimientos del usuario, entendido por “usuario” el sujeto previamente identificado y definido en la fase especulativa.[6] Cada iteración empieza por un diálogo o negociación entre el equipo de diseño y construcción y los usuarios o sus representantes. Los requerimientos se plasman en las llamadas “historias de usuario” que disparan la siguiente iteración constructiva. Evidentemente, en esta fase encajan mejor soluciones constructivas provisionales -fácilmente montables, desmontables y reconfigurables- o cambios regulatorios reversibles.
- Al final de cada ciclo, se mide el grado de éxito de la hipótesis teniendo en cuenta las métricas establecidas al principio.
- Tras cada iteración se realiza un nuevo encuentro entre los representantes de los usuarios y el equipo de diseño y construcción, en el que aquellos dan o no su conformidad a las funcionalidades implementadas. Es muy recomendable acompañar estas sesiones de efectivas y comprensibles representaciones de los datos obtenidos a través de las métricas de éxito. Se eliminan, añaden o modifican nuevas “historias de usuario”, y se vuelve a iterar.

[6] Estos requerimientos pueden ser expresados directamente por el usuario o indirectamente, a través de sus representantes -por ejemplo, en el caso de servicios para el pequeño comercio, las asociaciones de comerciantes-.

Año	% Subvención barrios urbanos	% Subvención barrios rurales	Factor de multiplicación	Importe de subvención	Volumen de compras
2020	50	50	5,4	1.200.000	6.500.000
2021	20	30	8,3	4.700.000	39.000.000
2022	15	15	10,3	5.300.000	54.800.000
2023	15	15	10,9	5.100.000	55.760.000

[tabla 7.1]

Evolución del factor de multiplicación y porcentaje de subvención de "Volveremos", a partir de los datos facilitados por el Ayuntamiento de Zaragoza a través de su portal web zaragoza.es

En el caso de servicios digitales, es relativamente sencillo iterar, pero en el mundo físico los ciclos de construcción-diseño-prueba precisan de la capacidad de prototipado rápido que ofrece el urbanismo táctico. Como los cambios en el espacio público durante la COVID-19 han demostrado, es posible también realizar cambios rápidos y reversibles en materia de regulaciones de uso o de tráfico. En esta misma línea, algunas de las soluciones de diseño esbozadas en el proyecto de *Toronto Tomorrow* y presentadas en el capítulo 5 avanzan un paso más allá, permitiendo la reconfiguración dinámica -basada en la analítica de datos- tanto del sistema viario como del espacio público.

Ejemplo práctico: Construcción de un MVP para un aparcamiento seguro de bicicletas "Bicisur - Bizia"

Uno de los problemas a los que se enfrentan las administraciones públicas en general -y los ayuntamientos en particular- a la hora de aplicar políticas innovadoras es la escasa flexibilidad de la Ley de Contratos del Sector Público. Los procedimientos de implementación de proyectos que mejor encajan con su naturaleza son los procedimientos lineales o en cascada, dado que es necesario definir detalladamente los requerimientos de la obra o servicio antes de proceder a su licitación -a menudo dicha definición de requisitos procede asimismo de otra licitación-. Los dos ejemplos siguientes muestran posibles estrategias para introducir metodologías iterativas en el sector público.

La expansión del servicio BiZi de bicicletas públicas compartidas en Zaragoza, tras una puesta en servicio inicial en 2008 y su ampliación en los años posteriores, se ha frenado en los últimos años debido a problemas para extender el contrato fuera de su inicial alcance geográfico. A consecuencia de ello, nuevos barrios del sur de Zaragoza como Valdespartera, Montecanal y Arcosur, se han visto privados del servicio. Ante esta situación, se lanzó en 2016 el reto Bicisur, con el objetivo de crear un nuevo tipo de infraestructura ciclista: los aparcamientos seguros de bicicletas en superficie (Open Urban Lab, 2019).

A través de sesiones con los agentes interesados en promover y participar de la solución (gestores públicos, colectivos ciclistas, estudios de arquitectura, empresas tecnológicas, etc) se realizó un completo proceso de innovación abierta en las siguientes etapas:

- caracterización del problema, gracias a datos demográficos y a los datos geolocalizados de las estaciones BiZi
- identificación de zonas candidatas a albergar el MVP, usando datos de catastro y de recorrido y paradas del tranvía
- ideación de un prototipo de sistema Bicisur y expresión de interés de empresas y estudios de arquitectura en su diseño

- publicación del concurso abierto de ideas “Reto Bicisur” para la recepción de propuestas (se presentaron 6 propuestas, resultando ganadora la propuesta “BiZia”)
- lanzamiento de un proceso de compra innovadora para la construcción del MVP o prototipo BiZia en un solar del barrio de Valdespartera (incluyendo el *software* de gestión del servicio, un módulo de control y seguridad, una app para el usuario y un sistema de televigilancia)
- construcción y apertura del mencionado MVP.

En paralelo, el Consorcio de Transporte del Área Metropolitana de Zaragoza (CTAZ) acometió el estudio para la expansión del servicio a otros 30 aparcabicis seguros con el modelo BiZia. Se proyectaba así una red para incentivar, normalizar y ordenar el uso de la bicicleta compuesta por 3 tipos de aparcamientos en base a su capacidad: a) capacidad mínima de 40 bicicletas, b) capacidad para entre 11 y 39 bicicletas y c) de baja capacidad (máximo 10 bicicletas).

El hecho de que, tras un parón en el proyecto debido a la pandemia, la recepción de fondos europeos haya permitido reactivar el proyecto y proceder a la licitación de 8 de estos aparcamientos BiZia,[7] demuestra que es posible acomodar metodologías de diseño innovadoras también en la licitación de servicios públicos.

[7] La licitación de los primeros 8 módulos BiZia puede consultarse en el Portal de Contratación del Estado Español https://contrataciondelestado.es/wps/poc?uri=deeplink:detalle_licitacion&idEvl=PPLbi2Fr%2BZX%2B-3JAijKO%2Bkg%3D%3D, accedido el 5 de mayo de 2023.

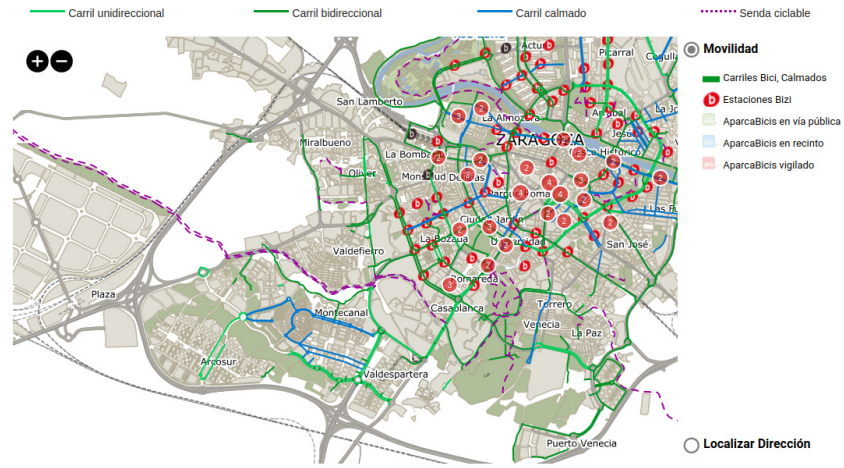
[figura 7.4]

(Arriba) Análisis previo de las infraestructuras ciclistas en los barrios del Sur de Zaragoza trabajado con los agentes participantes en el reto Bicisur, en los que los círculos rojos representan las estaciones del servicio municipal de bicicletas (BiZi). Como se ve, el servicio no llega a los barrios del Sur, habiendo sin embargo una red de carriles bici en ellos. Fuente: portal de datos abiertos, Ayuntamiento de Zaragoza

(Abajo, izquierda) Vista exterior del prototipo de los aparcabicis seguros BiZia, Mínimo Producto Viable del reto Bicisur.

(Abajo, derecha) Vista interior del MVP BiZia.

Fuente: https://tangramarquitectura.es/proyectos/aparcamiento-seguro-para-bicicletas



Ejemplo práctico. Urbanismo táctico bottom-up en el barrio de Las Fuentes (MEDS)

El ejemplo corresponde a 6 actuaciones de urbanismo táctico en el **barrio de Las Fuentes**, también en Zaragoza, realizadas en un corto periodo de tiempo durante el mes de agosto de 2022. La iniciativa surgió de una agrupación internacional de estudiantes de arquitectura y diseño *Meeting of Design Students* (MEDS). Se trata de actuaciones de urbanismo táctico muy sencillas realizadas en un campo de trabajo urbano de verano por los propios estudiantes. De nuevo, no se considera tan importante las actuaciones en sí, como el hecho de su naturaleza auto-organizada y auto-gestionada.

El barrio de Las Fuentes fue objeto de atención de los alumnos de los estudios del Máster Universitario de Arquitectura en la Universidad de Zaragoza durante el curso 2017-18, donde se desarrollaron "una serie de exploraciones urbanísticas sobre los problemas y oportunidades de intervención y regeneración urbana en las llamadas «periferias interiores»" (Monclús y Bambó, 2019). Las Fuentes pertenece a esos "barrios periféricos tradicionales que se fueron conformando durante la segunda mitad del siglo pasado y que emergen en el periodo de intenso crecimiento urbano de los años 1960-1970, consolidándose en años posteriores". Respecto a las diferentes estrategias de intervención planteadas, éstas abarcan "renovación urbana, recuperación, rehabilitación, revitalización, reciclaje, mejoras en la habitabilidad, en los equipamientos, en los espacios públicos, en la circulación, etc."

Con los antecedentes anteriores, en 2022 la asociación internacional *Meeting of Design Students* (MEDS) -algunos de cuyos organizadores locales participaron en el Máster arriba citado- plantearon realizar en Las Fuentes un taller continuo de verano de dos semanas de duración conviviendo y trabajando sobre el barrio. Los asistentes provinieron de 25 países, y entre ellos había arquitectos, urbanistas, fotógrafos, así como diseñadores de interiores, de producto y gráficos. El evento contó con varios proyectos o instalaciones de urbanismo táctico a realizar *in-situ*. Entre los objetivos específicos de las actuaciones previstas, los organizadores señalan "ayudar en cuanto a la actualización y redefinición de Las Fuentes, aprovechando su enorme potencial, así como potenciar el motor económico de Las Fuentes: el pequeño comercio" (Longás, 2022).

Con un elemento arraigado en la identidad local como el cierzo, verdadera "inspiración e hilo conductor", se realizaron 6 instalaciones físicas [figura 7.5]: una estructura de madera capaz de generar sonidos ambientales cuando sopla el viento (*Wind Pavillion*), pinturas en las aceras para facilitar "la navegación" (*Districts of Signs*), mobiliario urbano con vegetación de la zona (*Green Haven*), iluminación de los escaparates de las tiendas locales con lámparas hechas en talleres con los propios comerciantes en base a material reciclado (*Light it up!*), un pabellón en forma circular compuesto de telas y cortinas blancas (*Kiosk&Co*), o un prototipo de mobiliario urbano con la función de banco y juguete (*Fuenturniture*).

[figura 7.5]

Actuaciones de urbanismo táctico en el barrio de Las Fuentes construidas por los estudiantes de MEDS en Agosto de 2022. De arriba a abajo y de izquierda a derecha:
a) *District of Signs*, b) *Kiosk&Co*, c) *Fuenturniture*, d) *Wind Pavillion*, e) *Green Haven* (conjunto) y d) *Green Haven* (detalle). Fuente: MEDS Cierzo.

La [figura 7.6] muestra la distribución espacial de las actuaciones de MEDs en el barrio de las Fuentes. Las actuaciones de urbanismo táctico se circunscriben a los puntos señalados en la figura con su correspondiente fotografía, por lo que se ha aplicado el MVP de *sandbox* de datos mostrado en el capítulo 6 a la medición del impacto en esos puntos en concreto.

Para la medición de impacto de las actuaciones de estas actuaciones *bottom-up* de urbanismo táctico, se ha aplicado el MVP descrito en la sección 6.3. -aplicado también para la medición del impacto del paseo comercial de C/ Delicias-.

En la [figura 7.7] se muestra el mapa de calor de la distribución peatonal en torno a las actuaciones de urbanismo táctico. Como vemos, las actuaciones realizadas en zonas estrictamente de usos residenciales (arriba, izquierda) o zonas verdes (arriba, derecha) no tienen una gran afluencia alrededor. Por el contrario, las situadas en zonas mixtas de uso residencial y comercial (abajo, izquierda y abajo, derecha) ven pasar a un gran número de visitantes. No por esperada resulta una conclusión carente de interés, que nos lleva a sugerir que, si lo que se busca es el impacto cuantitativo de las intervenciones, es importante conocer a priori las afluencias para seleccionar mejor los emplazamientos.

[7.2.4] Fase de pivotaje

La fase de pivotaje es, en realidad, un hito del proceso. A tenor de los resultados del experimento, es preciso decidir sobre la validez de la hipótesis de diseño. Una decisión que se tomará contando tanto con los datos recolectados como mediante entrevistas con los potenciales usuarios. Tras ello, se decide si se mantiene el proyecto con sus características actuales, si éstas han de modificarse -"pivotaje" en la terminología *lean start-up*- adaptándolo para cubrir las fallas detectadas, o si, por el contrario, el proyecto se desecha. Una vez comprobada la hipótesis, el MVP habrá allanado el camino a la construcción de soluciones de carácter más permanente.

Ejemplo práctico. Iteración en 2 ciclos: proyecto "Imagina Tu Patio"

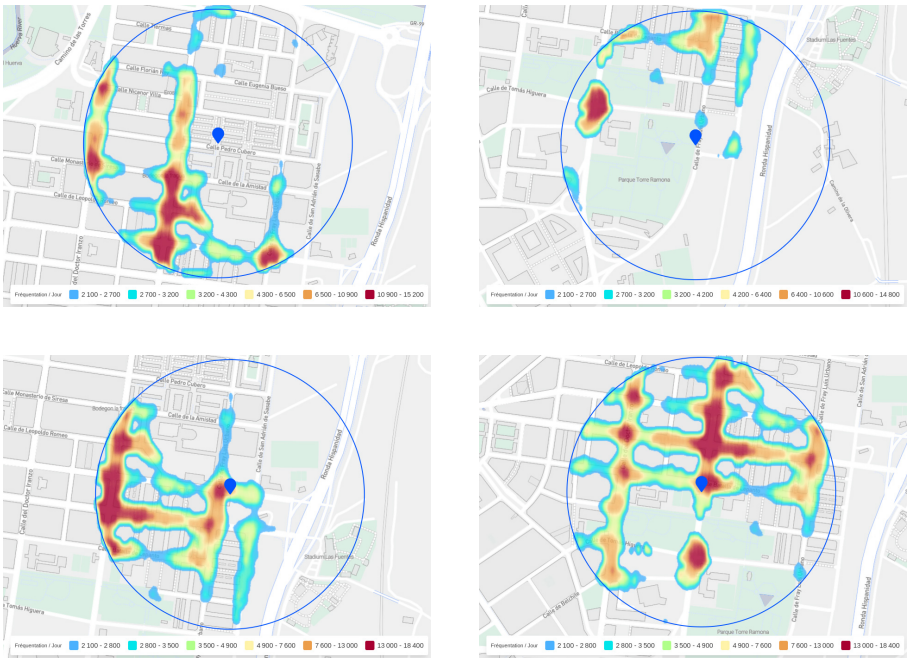
En 2016, la comunidad educativa del Colegio Público de Infantil y Primaria Ramón Sáinz de Varanda -en el zaragozano barrio de La Paz- había identificado un serio problema de convivencia en el patio. A menudo, los grupos más conflictivos disfrutaban el derecho a ocupar en exclusividad el campo de fútbol, confinando al resto de alumnos a los espacios aledaños. Según comunicó la propia AMPA del centro -a la sazón promotora del proyecto- en la plataforma de búsqueda de micromecenazgo Goteo.org, era preciso rediseñar el espacio de recreo para que el patio ejerciera su papel como "lugar fundamental para mejorar la convivencia, (...) lugar de motivación, creatividad y comunicación" (Goteo, 2017).

[figura 7.6]

Mapa de actuaciones del proyecto MEDs en Las Fuentes. En azul, los puntos de la actuación distribuida de señalización del espacio público comercial en aceras (actuación "*District Of Signs*). En amarillo, los comercios de la actuación distribuida de iluminación de interiores de escaparates "*Light it up*!"). El resto son instalaciones formadas por un único elemento: "*Green Haven*" (verde), *Kiosk & Co* (rojo, en la parte de abajo del mapa), *Wind Pavillion* (granate, en la parte de abajo del mapa), y "*Fuenturniture*" (granate, en la parte superior del mapa). En morado aparece señalado el centro cívico Salvador Allende, lugar de realización de un proyecto adicional llamado "*Radiohood*" para la edición de una revista, y que no conlleva por tanto una instalación física. Fuente: elaboración propia a partir de cartografía del equipo Datalab (Etopia/ Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento).

[figura 7.7]

Mapa de calor de la distribución peatonal media diaria en torno al punto sede de las actuaciones físicas, de izquierda a derecha y de arriba a abajo: *Fuenturniture*, *Kiosk&Co*, *Green Haven* y *Wind Pavilion*. Fuente: Elaboración propia.



El proyecto o, más bien, "proceso" de rediseño del patio se denominó "Imagina Tu Patio" y arrancó en Noviembre de 2016 con una encuesta dirigida a los alumnos para identificar problemas y necesidades concretos. En la pausa escolar navideña los padres y madres interesados pudieron participar en varias sesiones (tanto en el propio centro educativo como en el *Open Urban Lab* de Etopia) de un proceso de co-diseño de soluciones para el futuro espacio de recreo facilitado por profesorado del grado de diseño de producto de la Universidad de Zaragoza.

El propio patio del colegio se convirtió en un gran *fab-lab* al aire libre en el que las familias daban forma a todo lo que habían diseñado: un rocódromo, un circuito de chapas, un banco de las emociones, casetas para pájaros, columpios de madera, por ejemplo. En un proceso descentralizado de diseño-construcción, las propias familias construían los diferentes elementos del patio y aportaban materiales y herramientas, incluida una pequeña máquina excavadora.

El pensamiento *lean start-up* define una métrica básica para la fase de pivotaje en los negocios digitales: si los potenciales usuarios están dispuestos a aportar una pequeña cantidad para usar el nuevo servicio, la confianza en el prototipo o Mínimo Producto Viable aumenta. Esta filosofía, aplicada a los proyectos de innovación urbana, es la que subyace tras la plataforma de financiación colaborativa *Crowdfunding-ZGZ*, lanzada desde el *Open Urban Lab* en colaboración con la reconocida plataforma española de financiación colaborativa Goteo.[8]

Para proyectos relativamente pequeños, el *crowdfunding* se ha revelado en los últimos años como una herramienta a tener en cuenta para la financiación de la innovación a título privado. Sin embargo, hay alguna cautela y alguna dificultad práctica que deben ser tenidas en cuenta a la hora de aplicar el mismo esquema al ámbito público. Después de todo ¿no están financiando ya los ciudadanos las iniciativas públicas a través de los impuestos? ¿Es ético pedirle a un segmento de ellos un nuevo esfuerzo, aunque sea voluntario? En segundo lugar, no es trivial el mecanismo administrativo a activar para que lo recaudado mediante *crowdfunding* pase a engrosar los presupuestos de una institución pública y así poderlo re-invertir en el proyecto elegido.

El esquema implementado en *CrowdfundingZGZ* trata de soslayar ambos problemas. Se trata de un proceso en dos etapas. Una primera etapa en la que se afloran, mediante convocatoria abierta y pública, ideas innovadoras para resolver retos urbanos que lanza la propia administración. En una segunda etapa esas ideas pueden lanzarse a la comunidad emprendedora y tecnológica para la realización de mínimos productos viables. Para ello, desde la administración se puso en marcha herramienta de *crowdfunding* al servicio de la mejora de dichos MVPs, cuya recaudación iría a parar directamente a los emprendedores.

[8] Puede consultarse en https://en.goteo.org/call/crowdfunding-zgz-2017 (accedido el 12 de octubre de 2022).

[figura 7.8]

Detalle del proceso en el CEIP Sáinz de Varanda.

(Arriba, izda.) Sesión de *design thinking* en el Open Urban Lab de Etopia para la fase identificativa del problema.

(Arriba, dcha.) Comienzo de la realización del MVP en el propio centro, con máquina excavadora propiedad de una de las familias.

(Centro, izda.) El propio patio del colegio se convierte en un *fab-lab* en el que las familias cortan piezas del prototipo.

(Centro, decha.) Detalle del montaje de una de las zonas de juegos.

(Abajo, izda). Detalle del rocódromo fabricado con impresoras 3D en el *fab-lab* de Etopia.

(Abajo, dcha.) Detalle del montaje de la zona de asamblea del patio.

Fuente: Etopia y AMPA CEIP Sáinz de Varanda.

CONCLUSIONES

Como si de una pequeña *start-up* social se tratara, el AMPA del colegio culminó en 2018 con éxito una ronda de financiación colaborativa (mediante una versión de *crowdfunding* que Goteo denomina *matchfunding*) para financiar así una nueva fase de "Imagina tu patio". Centenares de colaboradores aportaron en total más de 10.600 euros. Razón suficiente para que el Ayuntamiento y otras instituciones, ante la capacidad de arrastre mostrada por el proyecto, movilizaran fondos adicionales en la medida que la Ley de Contratos del Sector Público permite.

Tras el paréntesis de la pandemia, se intentó que "Imagina Tu Patio" superase la fase de pivotaje. Mediante una colaboración entre el Open Urban Lab y los Laboratorios de Innovación Abierta CESAR de la Universidad de Zaragoza, se lanzó una ronda de 9 proyectos con otros tantos colegios zaragozanos. De ellos, 6 superaron la etapa de diseño propiamente dicha, 4 de ellos entraron al *fab-lab* a fabricar sus prototipos, y 2 proyectos se implementaron en otros tantos patios.

Sin embargo, ninguno de los prototipos implementados en esta segunda fase alcanzaron el impacto del prototipo inicial de "Imagina Tu Patio" en el CEIP Ramón Sáinz de Varanda. Por razones de índole organizativa, la conexión de esta prometedora iniciativa con el departamento de educación municipal no se ha llegado a activar, lo que ha limitado la extensión de esta experiencia de diseño colaborativo a un conjunto más amplio de centros escolares. Ante estas circunstancias -y a diferencia del prototipo BiZia ahora convertido en red- no es posible considerar que este proyecto haya superado aún la fase de pivotaje.

Llegados a este punto, conviene insistir en que toda metodología conlleva unos recursos. En nuestro caso, en el que el proceso de diseño y construcción se halla integrado y cuyo objeto es tanto la capa física como la digital de la ciudad, procede situar estas actividades en un contexto profundamente urbano: debemos **proyectar la ciudad desde la ciudad**, ya que el *feedback* de campo es consustancial a la naturaleza evolutiva de la metodología. Parece, por tanto, recomendable **situar los nuevos observatorios de datos urbanos también en medio del tejido urbano**.

[figura 7.9]

Fase de pivotaje de "Imagina Tu Patio".

(Arriba) Construcción de un bus de juegos en el *fab-lab* de Etopia.

(Abajo) Instalación en el patio de un colegio de Zaragoza.

Fuente: Laboratorios CESAR de la Universidad de Zaragoza en Etopia.

[7.2.5] Recursos: *sandbox*, laboratorios y perfiles

Junto a la metodología propuesta, es preciso incorporar a estas conclusiones tres aspectos que han de acompañar su aplicación -y replicación-: la herramienta de analítica de datos o *sandbox* -que como es objeto de una detallada descripción en el capítulo 6 será descrita muy sucintamente-, el lugar donde se realiza este proceso de diseño, y el perfil de los profesionales necesarios para llevarlo a cabo. La [figura 7.10] sitúa los dos recursos materiales -laboratorios y *sandbox*- en el contexto de la metodología.

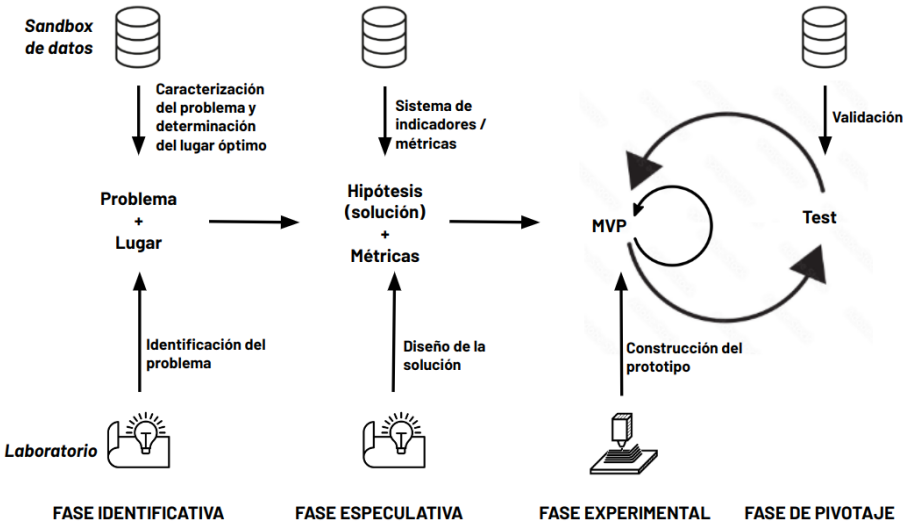
Las metodologías iterativas llevan consigo necesariamente el empleo de métricas para definir los indicadores de éxito y para determinar cómo se realizará la toma de datos en cada iteración para evaluar en qué grado nos acercamos o alejamos de nuestros objetivos. La incorporación de la analítica de datos a la práctica urbanística ha ido en aumento a medida que se desarrollaban nuevas herramientas digitales de apoyo al planeamiento, de la mano del avance de nuevas formas de gestión y de la cultura del dato en las organizaciones -incluyendo las AA.PP-.

Sin embargo, aunque está extendido el acceso a bases de datos espaciales -edificaciones, espacio público, mobiliario urbano, demografía, economía, climatología, medio natural, etc- la disponibilidad de indicadores de actividad humana en tiempo real es todavía escasa. Preguntas importantes y aparentemente sencillas respecto al uso que la ciudadanía hace de los diseños no tienen a menudo respuesta: ¿cuáles han sido las ventas en la calle comercial recién remodelada este mes y cómo han evolucionado dichas ventas respecto a la situación anterior al proyecto? ¿Cuánta gente utiliza la nueva plaza y cómo han cambiado los patrones de uso tras la remodelación? ¿Cuál es el uso del nuevo intercambiador de transporte y qué actividad económica está generando alrededor?

Para acercar las respuestas al proyecto de diseño, la investigación ha presentado un esquema de representación de la calle comercial en forma de grafo y un prototipo de sistema que, con limitaciones, puede ayudar a encontrar algunas de estas respuestas de manera relativamente sencilla. La versión simplificada (MVP) [figura 7.11] de este sistema -presentada en el capítulo 6- considera los elementos siguientes:

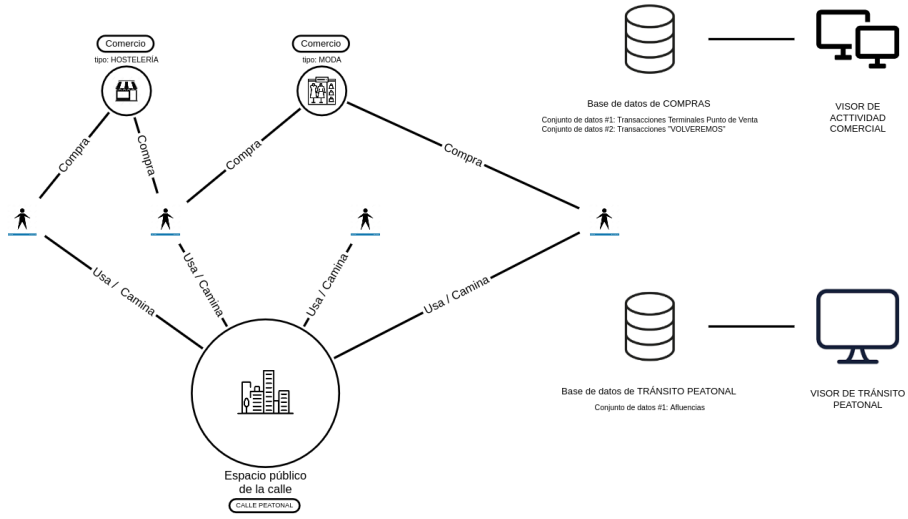
- **Nodos**: personas, comercios y espacio público.
- **Relaciones**: usar (el espacio público), comprar (en comercios).
- **Bases de datos**, de compras (a través de tarjetas, y a través de la app Volveremos), y de tránsito peatonal (indirectamente a través de datos de operadores de telefonía móvil).
- **Visores**: de actividad comercial, y de afluencia peatonal.

A partir de este esquema simplificado, se pueden añadir nuevas redes para completar la representación. Por ejemplo, puede resultar interesante, como se mostró en la sección 1.3.1 en base al ejemplo del municipio de Rubí, conocer los consumos energéticos de los edificios para así poder planificar mejor ciertas políticas públicas.



[figura 7.10]

Encaje metodológico de los recursos propuestos. (Elaboración propia.)



[figura 7.11]

MVP del *sandbox* de datos. (Elaboración propia.)

Si añadimos los consumos eléctricos al sistema, éste queda configurado por:

- Nodos: personas, comercios, espacio público y puntos de suministro eléctrico y de gas.
- Relaciones: usar (el espacio público), comprar (en comercios), consumir (gas o electricidad).
- Bases de datos, de compras (a través de tarjetas, y a través de la app Volveremos), de tránsito peatonal (indirectamente a través de datos de operadores de telefonía móvil), y de consumos energéticos.
- Visores: de actividad comercial, de afluencia peatonal, y de consumos energéticos.

En cuanto a la representación de la calle comercial, ésta quedaría ampliada tal y como muestra la [figura 7.12].

Ejemplo práctico. Gemelo digital de una calle comercial (C/ Don Jaime, Zaragoza)

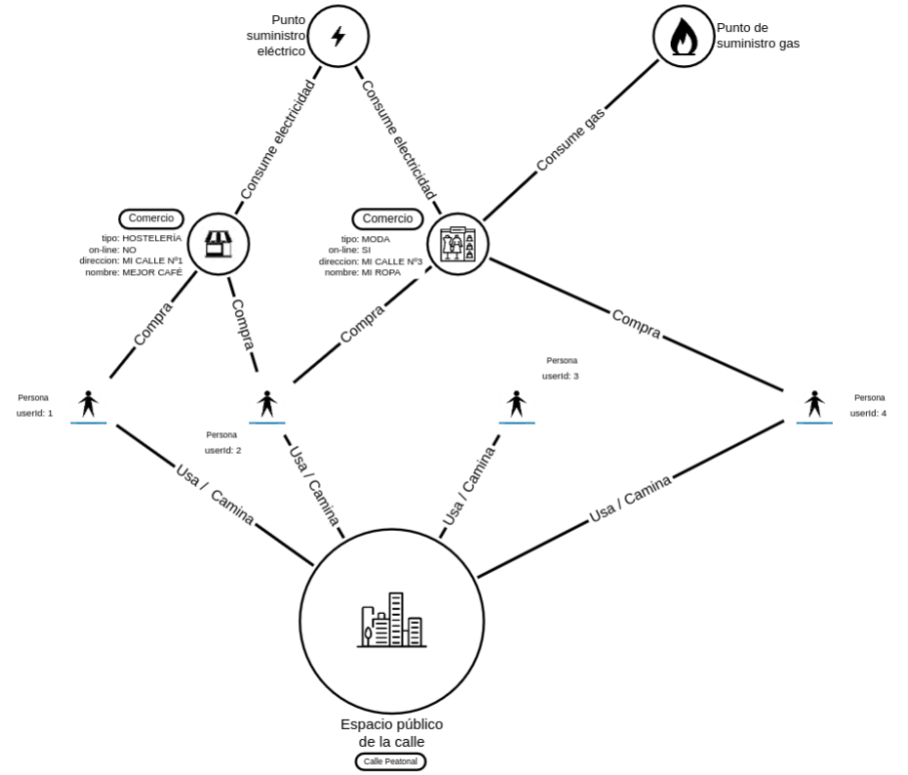
Con esta nueva fuente de datos que constituyen los consumos energéticos, podemos avanzar en nuestro conocimiento sobre las dinámicas urbanas en relación al comercio mediante la construcción de un gemelo digital -modelo virtual de un objeto físico- de una calle comercial. En este caso, el objetivo sería experimentar con la posibilidad de inferir la actividad comercial a través de una fuente indirecta.

La calle elegida como área de estudio ha sido la C/ Don Jaime de Zaragoza, antiguo *cardo maximus* en la época romana, y que al no haber sido todavía peatonalizada conserva buena parte del comercio tradicional a pesar de encontrarse en pleno casco antiguo de la ciudad, a pocos metros de la Plaza del Pilar.

Algunas de las características del proyecto son:

- Datos: además de los datos de suministro eléctrico, el proyecto contó con los datos catastrales para construir un modelo volumétrico de los edificios.
- Periodo de análisis: enero de 2019 a noviembre de 2020.
- Periodicidad de los datos: mensual.
- Escala de datos: punto de conexión a red (electricidad), manzana (gas).
- Técnica de anonimización: agregación.

Con estos datos se puede obtener una representación 3D del gemelo digital, la cual se muestra a través de un visor específico, como se muestra en la [figura 7.14].



[figura 7.12]

Representación extendida de la calle comercial para tener en cuenta los consumos energéticos. (Elaboración propia).

[figura 7.13]

Planteamiento del gemelo digital de una calle comercial: C/ Don Jaime. (Izda.) Perímetro del área de estudio. (Centro) Comercios en la zona. (Dcha). Delimitación de las subáreas de suministro de gas (áreas rayadas). Fuente: Inkolan.

[figura 7.14]

(Izda) Representación volumétrica del espacio construido en C/ Don Jaime. (Dcha) Representación del gemelo digital: edificios y redes de suministro. (Fuente: Inkolan).

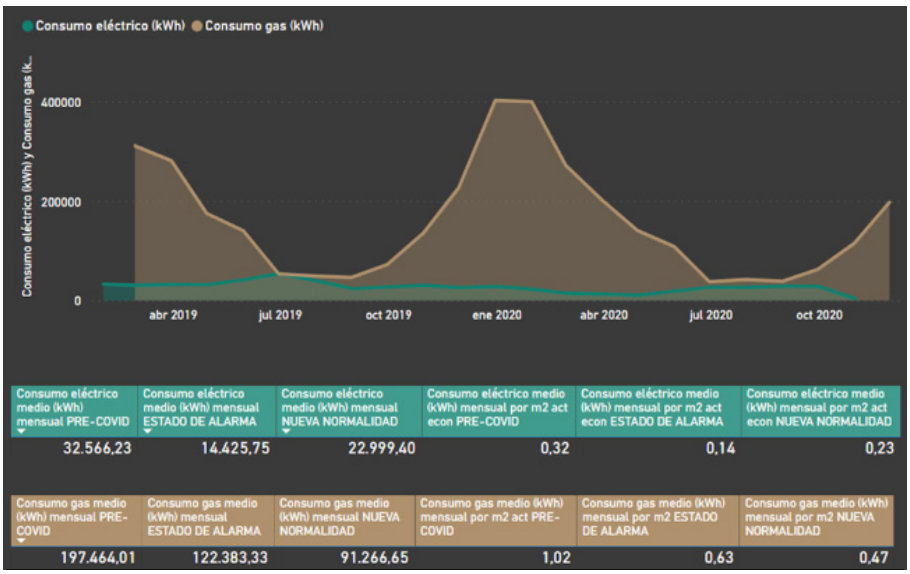
Una vez construida la representación visual del gemelo digital, es posible extraer indicadores, como los consumos medios o los consumos medios por m^2 [figura 7.15].

Como se aprecia en la [figura 7.15], los consumos eléctricos siguen un patrón esperado, con una brusca caída durante el estado de alarma, para remontar en "la nueva normalidad" sin haber llegado a los niveles pre-pandemia. Los consumos de gas, por el contrario, no remontan en la "nueva normalidad", sino que descienden, probablemente por un efecto estacional, ya que la nueva normalidad -desde junio a noviembre de 2020- comprende varios meses de relativo buen tiempo. En los meses de verano el aire acondicionado consume electricidad, mientras que en invierno la inmensa mayoría de los edificios se calientan con calefacción de gas.

Hay que señalar, finalmente, que más allá de la monitorización de la actividad comercial indirecta, disponer de un gemelo digital tiene una utilidad práctica en el terreno proyectual innegable: a la hora de acometer reformas en el espacio público permite conocer la posición y características exactas de las infraestructuras y servicios afectados, previendo y controlando las posibles externalidades negativas de dichos proyectos.

Pero para sacar verdaderamente partido a herramientas tecnológicas como el gemelo digital del ejemplo anterior, es necesario contar con nuevos tipos de espacios de trabajo y de perfiles profesionales. Complementando a los *sandbox* de datos, los laboratorios cívicos existentes en muchas ciudades constituyen espacios especialmente adecuados para la aplicación participativa de la ciencia de datos a proyectos de diseño urbano. En ellos se conecta el tejido académico e investigador con el talento tecnológico, el arte, los datos urbanos, la gestión municipal y la participación ciudadana. Este tipo de **laboratorios de ideación y prototipado deben ser un recurso a disposición del diseñador**, en al menos tres fases de la metodología descrita en la sección 7.2: identificación, especulación y experimentación -esta última de carácter iterativo-.

Por otra parte, los **perfiles profesionales** necesarios para implementar el proceso general de diseño aquí descrito se dividen, por un lado, en aquellos que tienen una componente metodológica y, por tanto, son de carácter transversal, y por otro, en los que poseen competencias específicas relativas al objeto de diseño. Dado que éste comprende tanto el espacio construido como el ámbito digital, las competencias específicas pueden abarcar un campo extraordinariamente amplio, tanto como el de los servicios e infraestructuras urbanas. Dada la orientación metodológica de la tesis, se describirán solamente los perfiles de carácter más transversal, de manera que pueda dimensionarse a nivel de recursos humanos una posible replicación del sistema y metodología aquí expuestos.



Consumo eléctrico medio (kWh) mensual PRE-COVID	Consumo eléctrico medio (kWh) mensual ESTADO DE ALARMA	Consumo eléctrico medio (kWh) mensual NUEVA NORMALIDAD	Consumo eléctrico medio (kWh) mensual por m2 act econ PRE-COVID	Consumo eléctrico medio (kWh) mensual por m2 act econ ESTADO DE ALARMA	Consumo eléctrico medio (kWh) mensual por m2 act econ NUEVA NORMALIDAD
32.566,23	14.425,75	22.999,40	0,32	0,14	0,23

Consumo gas medio (kWh) mensual PRE-COVID	Consumo gas medio (kWh) mensual ESTADO DE ALARMA	Consumo gas medio (kWh) mensual NUEVA NORMALIDAD	Consumo gas medio (kWh) mensual por m2 act PRE-COVID	Consumo gas medio (kWh) mensual por m2 ESTADO DE ALARMA	Consumo gas medio (kWh) mensual por m2 NUEVA NORMALIDAD
197.464,01	122.383,33	91.266,65	1,02	0,63	0,47

[figura 7.15]

(Arriba). Gráfica de consumos medios de gas y electricidad. (Abajo) Indicadores agregados de consumos energéticos de electricidad y gas en épocas pre-pandemia, durante el estado de alarma y durante la llamada “nueva normalidad” (desde el fin del estado de alarma hasta noviembre de 2020). Fuente: Inkolan

Para la realización de los experimentos y análisis recogidos en el capítulo 6 se requieren:

- personal con conocimientos en dinámicas de diseño de servicios (*Design Thinking* o similar).
- personal con capacidad de programación en lenguajes de analitica de datos, como Python.[9]
- Personal con conocimientos de análisis espacial en herramientas GIS. En este caso, se han usado programas de fuentes abiertas como QGIS.[10]
- Personal con conocimientos en manejo de cortadoras láser y CNC.[11]
- Personal para tareas auxiliares de contratación, de mediación, de comunicación, de mantenimiento y de gestión de proyecto.

Las limitaciones de este esquema son, fundamentalmente, dos: la falta de personal experto en sistemas informáticos (*hardware*) y en visualización de datos. La primera de ellas es una limitación coyuntural, pues los perfiles informáticos y de ciencia de datos abundan, aunque cada vez sean más costosos de contratar. Sin embargo, y dado que la visualización de datos es una profesión aún en ciernes, la segunda es de carácter estructural.

Así pues, con la exposición de la metodología y los recursos para llevarla a cabo concluye el trabajo investigador. Un trabajo que ha permitido validar la hipótesis fundamental de partida, pues los principios metodológicos evolutivos combinados con la analítica de datos de flujos de actividad pueden efectivamente ayudar a optimizar la producción de espacios físicos y servicios digitales. Procede asimismo valorar en qué grado han sido validadas las hipótesis iniciales de la tesis antes de plantear un posible pivotaje del sistema propuesto. Esta valoración se detalla en la [tabla 7.2].

Nos aproximamos al final de la tesis con una última sección que analiza todas las limitaciones encontradas y que apunta posibles direcciones hacia las que pivotar el sistema propuesto, con la declarada intención de convertirlo en una verdadera herramienta de generación de proyectos de diseño urbano evolutivo.

[7.3] FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

A partir de la identificación de algunos problemas que aquejan a la disciplina del diseño urbano, la tesis aboga por considerar las metodologías iterativas como una posible vía de progreso. Dicha apuesta se ha argumentado en base a entender la ciudad como un sistema complejo, evolutivo y de carácter ecosistémico. Y se ha reforzado por comparación con otros entornos altamente cambiantes, como el de los negocios digitales, donde las metodologías ágiles y el pensamiento *lean start-up* han probado su eficacia. Unidas intrínsecamente a la analítica de datos, las metodologías iterativas aquí presentadas tienen la ventaja de potenciar cualitativamente la participación del sujeto y de generar proyectos más sostenibles. Una sostenibilidad, que en el caso de proyectos de diseño físico, se potenciaría incluyendo la elección del lugar dentro del

[9] Python es un lenguaje de programación de alto nivel y de propósito general, muy utilizado en la analítica de datos.

[10] QGIS es un sistema de información geográfica gratuito y de licencia libre. Ver https://qgis.org/ (accedido el 23 de agosto de 2023)

[11] CNC: Cortadora de Control Numérico.

[tabla 7.2]

Grado de validación de las hipótesis secundarias del trabajo

Hipótesis secundaria	Grado de validación
La analítica de los flujos de actividad urbana tiene una utilidad proyectual.	Alto. Se ha demostrado tanto a nivel teórico (mediante la representación proyectual del espacio público en forma de grafo y del enfoque termodinámico) como práctico (caso de estudio de *Toronto Tomorrow* y ejemplos prácticos).
La incorporación al proyecto de analítica de datos personales es viable bajo ciertas condiciones.	Alto. Se ha demostrado mediante el análisis de la normativa europea en materia de compartición de datos.
La construcción de sistemas de compartición de datos de bajo coste es factible.	Alto. Se ha demostrado mediante el MVP de *sandbox* de datos y su uso proyectual..
Incorporar a los sistemas de datos compartidos la caracterización -de una manera básica- de la percepción de los usuarios respecto al espacio público comercial es relativamente sencillo	Medio. Actualmente, la manera más directa de sistematizar la componente perceptiva es a través de las técnicas de *sentiment analysis*, pero éstas son vulnerables a las condiciones de acceso a los datos de las plataformas como twitter, facebook, instagram, etc. La sistematización de la construcción de mapas mentales mediante estas técnicas no es, por tanto, sencilla.
El proceso de diseño mejora cuando se integra en él la construcción iterativa de prototipos.	Medio. Ya que, aunque la tesis ha presentado sólidos fundamentos teóricos para pensar que es así, a nivel práctico sólo han podido presentarse dos ejemplos prácticos en los que la iteratividad esté presente: "Volveremos" (servicio digital) e "Imagina Tu Patio" (diseño de espacios de recreo en escuelas). Se trata de dos ejemplos demasiado constreñidos en su alcance para extraer conclusiones firmes.
Los laboratorios urbanos pueden adoptar un papel más relevante en el proceso de diseño.	Alto. Se ha demostrado tanto a nivel teórico como práctico, a lo largo de la práctica totalidad de los ejemplos presentados.

propio proceso de diseño, para lo que la analítica de datos de flujos de actividad puede ser de gran ayuda.

Ahora bien, trasladar dos metodologías pensadas para modelar *bits* al mundo físico no es una cuestión trivial. En este sentido, los trabajos llevados a cabo en el *Open Urban Lab* de Etopia en los últimos años para aplicar los principios ágiles y *lean start-up* a distintos proyectos urbanos constituyen sólo una aproximación al objetivo último de desarrollar una completa metodología de diseño urbano digital iterativa que incorpore, además. la componente psicológica y perceptiva dentro de las métricas de éxito.

En este último capítulo de la investigación se han presentado una serie de proyectos que pueden ilustrar la aplicación de dichos principios al diseño de espacios y servicios. Con la posible excepción del sistema de apoyo al comercio de proximidad "Volveremos", se trata de proyectos de una ambición e impacto muy modestos. Ello no debería ser óbice para que sirvan de inspiración en proyectos físicos de mayor calado.

A modo de resumen, la [tabla 7.3] muestra el grado en que los proyectos presentados cubren los principios enunciados. Como puede verse, se trata de una cobertura solo parcial. El primer desafío, por tanto, consiste en ser capaces de aumentar el grado de **sistematización metodológica** de la producción de proyectos, de manera que éstos comiencen en la etapa temprana de identificación del lugar o la oportunidad y puedan superar con una mayor frecuencia la fase de pivotaje, acompañando el proceso de un uso de la analítica de datos dinámicos de actividad.

Para ello, se proponen a continuación una serie de líneas de trabajo futuras.

[7.3.1] Conexión con la planificación estratégica y la gestión urbana

A lo largo de la investigación se han puesto de manifiesto las dificultades de los profesionales del diseño urbano o de la planificación urbanística para incorporar la analítica de flujos de actividad a su práctica. Muchos de estos datos se encuentran en silos verticales y en su mayor parte en manos privadas, como las de las grandes empresas o plataformas digitales que proporcionan servicios de movilidad, residenciales, bancarios o de comunicaciones. Como el caso de *Toronto Tomorrow* ha puesto de manifiesto, los intentos de aflorar esos yacimientos de datos compartimentados y construir plataformas de compartición de datos al servicio del diseño urbano tampoco están exentos de tensiones privatizadoras.

Así las cosas, las instituciones públicas que se ocupan tanto de la planificación estratégica urbana como de la operación diaria de los servicios y espacios públicos se ven privadas de gran parte del potencial que los datos urbanos de actividad atesoran. En el caso de la planificación urbana estratégica, todavía se recurre a menudo a encuestas para realizar las parrillas de datos; un método caro y estático de diagnosticar el estado de las políticas públicas y de establecer sus objetivos a medio y largo plazo.

	Fase Previa Identificativa	Fase Especulativa	Fase Experimental	Fase de pivotaje	*Sandbox*	Laboratorio cívico
Intercambiadores ocultos	✓				✓	✓
Recreando Volve-remos		✓	✓		✓	✓
Bicisur / BiZia	✓	✓	✓	✓		✓
MEDS		✓	✓		✓	✓
Imagina Tu Patio		✓	✓			✓
Gemelo Digital C/ Don Jaime	✓				✓	

[tabla 7.3]

Resumen de ejemplos presentados y grado de cobertura de los principios metodológicos presentados.

Al margen de las grandes corporaciones digitales, existen casos de instituciones con grandes capacidades de analítica de datos de actividad urbana que tampoco acaban de **conectar sus capacidades con las administraciones públicas**. Es el caso de la empresa BBVA Data & Analytics que en el periodo 2012-2017 estableció diversas colaboraciones con diferentes gobiernos nacionales y locales para poner sus capacidades analíticas y de visualización de flujos de consumo al servicio de las políticas públicas (Sarasa, 2016). Sin embargo, a falta de una perspectiva positiva en el modelo de negocio asociado a esa propuesta de valor, en la actualidad BBVA Data & Analytics enfoca sus capacidades analíticas únicamente hacia la actividad interna, según un ex-empleado de la empresa (Juan Murillo, responsable de proyecto Urban Analytics, entrevista personal, 30 de octubre de 2021).[12] La situación en cuanto a la elaboración de las agendas urbanas -muchas ciudades españolas acaban de publicar sus agendas urbanas para 2030 o se encuentran en proceso de hacerlo- es similar. Los observatorios urbanos no parecen observar la situación de las ciudades en tiempo real, sino a través de "fotogramas de indicadores" cuya baja resolución temporal no permite captar variaciones súbitas en las actividades urbanas, y cuya naturaleza indirecta supone una pérdida de precisión en la medida de los fenómenos que tratan de caracterizar.[13]

Si la conexión de la analítica de datos urbanos con los servicios de planificación estratégica es una asignatura pendiente, no lo es menos su **conexión con la gestión y el diseño urbanos**. En el caso de las plataformas de datos compartidas diseñadas precisamente para este fin, hay que señalar que éstas son a menudo fruto de proyectos de financiación pública y son operadas por empresas tecnológicas que ponen dificultades a las administraciones locales para un acceso pleno a los datos que albergan. Esta operación privada, unido al carácter efímero de la financiación que las soporta, limita el impacto de dichas plataformas en la gestión urbana. El ciberespacio y "la nube" están llenos de plataformas digitales que no se usan debido a la ausencia de un modelo viable de explotación que soporte sus altos costes operativos una vez agotada la financiación externa.

Los dos niveles de problemática descritos -el de la planificación estratégica y el de la gestión urbana- requieren una profundización en la conexión de los *sandbox* con los departamentos encargados de ambas funciones. A tal fin, los **laboratorios urbanos** están en disposición de realizar una función de conector. Estudiar la manera en la los laboratorios urbanos pueden acoger dos maneras de trabajar aparentemente contrapuestas, como la tradicional burocracia municipal y la innovación abierta, y aplicar las nuevas dinámicas a proyectos de mayor envergadura que los expuestos en las conclusiones, constituye un prometedor campo de investigación futura.

[7.3.2] El arte de la visualización de datos

En las visualizaciones hasta ahora mostradas en las figuras procedentes de la visualización del *sandbox* la componente artística es nula o muy limitada, lo cual

[12] Murillo apunta, no obstante, que "dichas capacidades no se han perdido, sino que aunque parte de estas metodologías y objetivos perviven aún en el área de BBVA Research, con el matiz de que dichos estudios se llevan a cabo a nivel nacional y regional, no tanto orientados a la mejor comprensión de fenómenos urbanos."

[13] Un ejemplo es el Observatorio de Vulnerabilidad Urbana del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA), cuyos datos se actualizan con una periodicidad no inferior a diez años. Ver https://www.mitma.es/arquitectura-vivienda-y-suelo/urbanismo-y-politica-de-suelo/observatorio-de-la-vulnerabilidad-urbana (Consultado el 17 de septiembre de 2022)

resta capacidad a dichas visualizaciones para ser comprendidas por públicos amplios, no necesariamente de perfil técnico. Sin embargo, el arte puede ayudar a transmitir mejor los conceptos imbuidos en los datos urbanos. Por ejemplo, la idea -descrita en el capítulo 3- de que el espacio de los flujos bi-dimensional es capaz de producir arquitectura en tres dimensiones ha sido eficazmente transmitida por el artista digital Aaron Koblyn en su trabajo Amsterdam SMS mostrado en la figura 1.1. De igual manera, la movilidad diaria en Singapur puede comprenderse de un vistazo cambiando la componente espacial por la temporal, como los visualizadores del MIT hicieron para el proyecto Live Singapore! [figura 4.8.d].

La incorporación de los artistas a las ciencias urbanas, en este caso ayudando a transmitir aspectos ocultos o no bien comprendidos de nuestras ciudades, siempre ha de ser bienvenida. El arte puede así también mostrar rasgos del presente que no son aparentes -el bosque tras los árboles-. Cuando hablamos de *big data*, dado el enorme volumen de información que se maneja a menudo ese bosque es demasiado denso como para encontrarle un sentido: en la sociedad del conocimiento es tan nociva la desinformación como el exceso de información (Innerarity, 2011).

Ello abre una nueva posibilidad para el arte dentro del desarrollo de las ciencias urbanas: el de ayudar a extraer los rasgos fundamentales de la información que contienen las bases de datos urbanos -análogamente a como hace un caricaturista al extraer los rasgos definitorios de un rostro-. Ahora bien, la extracción de patrones subyacentes en grandes volúmenes de datos es una de las tareas para la que la Inteligencia Artificial parece constituir una herramienta adecuada. Y aunque pudiera parecer que algoritmos y artistas pudieran estar compitiendo por esta nueva función, en realidad es muy probable que los mayores avances se produzcan del trabajo combinado: aquellos artistas que sean capaces de trabajar sirviéndose de la Inteligencia Artificial podrán unir una capacidad virtualmente infinita de procesamiento con la frescura, ingenio y creatividad que tiene el arte para desvelar asuntos importantes. La complementariedad y uso combinado entre ambos enfoques -tecnológico y artístico- puede ser materia de futuras investigaciones que asesoren sobre el carácter multidisciplinar de las habilidades necesarias para el progreso de la ciencia de datos aplicada a la cuestión urbana.[14]

El arte posee también capacidad anticipatoria. En la XVIII Bienal de Venecia, la obra *Datament*[15] diseñada para el pabellón de Polonia permite al visitante "experimentar con los datos en su forma física" para "establecer una conversación acerca de cómo las nuevas tecnologías y los datos jugarán un rol crucial en el futuro". Es posible, por tanto, que para una mejor conexión de la analítica de datos urbanos con la ciudadanía se precise asimismo del concurso de perfiles artísticos en, al menos, dos campos: la participación ciudadana y la promoción de cambios de comportamiento.

[14] Por ejemplo, el CERN realiza programas conjuntos entre artistas y científicos en campos como la física de partículas, como puede verse en https://arts.cern/programme/artistic-residencies (consultado el 6 de enero de 2023).

[15] Consultable en https://labiennale.art.pl/en/wystawy/datament/ (consultado el 6 de enero de 2023)

En nuestro entorno más cercano, experiencias como la cátedra *Mobility Experience*[16] de la Universidad de San Jorge, en la que artistas, urbanistas, científicos de datos, y diseñadores de videojuegos se unen para mejorar la visualización de la movilidad urbana (Blasco, 2022), marcan el camino a seguir. La colaboración de este grupo interdisciplinar con Etopia Centro de Arte y Tecnología permite además que su trabajo llegue a nuevos públicos a través de una exposición en el propio centro que incluye nuevos y avanzados interfaces.

En 2020 las visualizaciones de flujos de vehículos y costes del transporte pudieron visualizarse en el espacio público a un kilómetro de distancia gracias a su proyección en la fachada media de Etopia, proyección que requirió la consiguiente adaptación de los contenidos para esta particular interfaz. El público incluía a las personas que pasaban a pie, en bus o en coche por los alrededores de ese gran nodo de comunicación que es la estación intermodal de Delicias.

Un año más tarde, el trabajo conjunto entre el equipo académico de la cátedra Mobility Experience y el personal de Etopia dio como fruto la exposición *Mobility Experience*[17] en el interior del centro, en la que se ha desarrollado un nuevo interfaz utilizando la Wii (un sencillo dispositivo para juegos electrónicos para el hogar, conocido por el gran público y muy simple de usar) de manera que se pueda interaccionar con los contenidos de una forma intuitiva. Esto hace que las distintas visualizaciones de la movilidad que se muestran sean aptas para el trabajo con la infancia, contribuyendo así a crear de manera temprana conciencia acerca de las consecuencias de nuestros hábitos de movilidad.

No obstante, los trabajos artísticos con datos urbanos son todavía poco frecuentes. Ello es debido en parte a que el trabajo con datos desde las disciplinas artísticas se topa con la dificultad del dominio de una tecnología que no suele estar presente en el currículum de las escuelas de arte. Por consiguiente, como línea de investigación futura se propone la experimentación con programas de formación híbridos en los que se trabajen conjuntamente las habilidades artísticas en el tratamiento y visualización de datos urbanos en diferentes dispositivos.

[7.3.3] Gobernanza del dato y derechos digitales

En las secciones anteriores se ha apuntado como líneas de investigación futuras la conexión de la analítica de datos urbanos con la planificación estratégica, con la gestión urbana y con la participación ciudadana. Esas interesantes oportunidades se apoyan sobre la premisa de que las administraciones públicas sean en el futuro las entidades que centralicen los datos sobre los distintos flujos de actividad urbana en una ciudad determinada. Sin embargo, como vimos al analizar el caso de *Toronto Tomorrow*, la posibilidad de que plataformas privadas traten de monopolizar el control de los datos urbanos incita a tomar semejante premisa con cautela.

[16] Véase https://catedramobilityexperience.usj.es/ (consultado el 7 de enero de 2023)

[17] La sinopsis de la exposición puede consultarse en la propia web de Etopia, a través de la página https://etopia.es/evento/mobility-experience-una-visualizacion-de-datos-de-la-ciudad-de-zaragoza/ accedido el 20 de mayo de 2023

[figura 7.16]

Visualización en la fachada media de Etopia del contenido de la cátedra Mobility Experience (2019). Adaptación a la fachada media realizada por el artista multimedia Néstor Lizalde.

Aunque, tal y como se ha explicado en el capítulo 6, la legislación europea ha abierto nuevas fórmulas para la construcción de esquemas de datos compartidos, todavía no se ha explorado suficientemente a nivel práctico en qué casos las administraciones públicas podrán acceder sin un excesivo coste a los datos de actividades que, por su responsabilidad en la gestión urbana, les incumben. Está por ver en qué medida las situaciones de crisis climática, económica o sanitaria dan pie legal a los gobiernos para acceder a estos valiosos yacimientos de información, en lo que los poderes económicos podrían interpretar como una especie de "nacionalización" del dato urbano.

Lo que sí se sabe es que la Unión Europea, como parte de su Estrategia Europea del Dato, y en un movimiento que tiene como origen el intento de que los datos producidos en Europa se almacenen en Europa, está impulsando la creación de los llamados "espacios de datos". Los espacios de datos son, esencialmente, mercados de datos que funcionan de un modo muy parecido a como funcionan los mercados de valores. En ellos, un organismo independiente vela por el establecimiento de reglas claras de las transacciones entre productores de datos -por ejemplo, una empresa fabricante de automóviles- y consumidores -por ejemplo, una red de talleres-.

Por el momento se han autorizado la creación de diez espacios de datos en los sectores de salud, industria y manufactura, agricultura, finanzas, movilidad, economía verde, energía, administración pública y educación. Además, instituciones como la red de ciudades Eurocities están abogando por la creación de un undécimo espacio de datos europeos para las ciudades inteligentes. Aunque la creación de estos espacios de datos está en una fase incipiente, la posibilidad de que estos espacios acaben fomentando el comercio con datos personales está muy presente. Si el espacio de datos de ciudades inteligentes acaba siendo creado, será necesario tener presentes los riesgos que sobre los derechos digitales implica una concepción de los espacios de datos como mercado de intercambio ya que, a diferencia de las acciones que se intercambian en los mercados de valores, los datos contienen los rasgos del comportamiento personal.

Ante esta amenaza, es preciso buscar soluciones que garanticen la soberanía y el control de los usuarios sobre sus propios datos -datos que estarán en las manos de empresas o instituciones públicas y que van a ser objeto de intercambio en los espacios de datos-. Aunque se está investigando cómo conseguir que el individuo pueda ejercer un control más efectivo sobre el uso que terceros hacen de sus datos personales[18] estas soluciones aún no están al alcance ni de la ciudadanía en general, ni de los ayuntamientos. Es necesario, por tanto, seguir investigando en sistemas sencillos que garanticen la soberanía sobre el dato y en su adopción por parte de las instituciones públicas, de manera que se puedan construir espacios de datos urbanos que promuevan el uso de datos para una mejor gestión y diseño urbanos sin menoscabo de los derechos digitales.

[18] Por ejemplo, el proyecto Decode contiene herramientas para promover la soberanía individual en materia de datos. https://decodeproject.eu/

[figura 7.17]

Espacios de datos amparados por la Estrategia Europea del Dato. Al menos los de movilidad, pacto verde, energía y administración pública pueden albergar un bran potencial para mejorar la cultura del dato en la gestión y diseño urbanos.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Airaksinen, M., Pinto-Seppä, I., Huovila, A., Neumann, H., Iglár, B., y Bösch, P. (2017). Smart city performance measurement framework *Citykeys*. 2017 *International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*. https://doi.org/10.1109/ice.2017.8279956

Albertsen, N. (2019). *Urban Atmospheres*. Ambiances. Consultado el 29 de octubre de 2023, de http://journals.openedition.org/ambiances/2433; https://doi.org/10.4000/ambiances.2433

Alexander, C. (1965). A City is Not a Tree. *Architectural Forum*, 122(1), 58-62.

Alexander, C., Ishikawa, S., Silverstein, M., Jacobson, M., Fiksdahl-King, I., & Angel, S. (1977). A pattern language: towns, buildings, construction. En *Oxford University Press eBooks* (Vol. 1, Número 5). https://ci.nii.ac.jp/ncid/BA00163982

Alexander, C., Neis, H., Anninou, A., & King, I. (1987). *A new theory of urban design*. Center for Environmental Struc.

Allen, S. (1999). *Points and lines: Diagrams and Projects for the City*. Princeton Architectural Press.

Appleton, J. (1975). *The Experience of Landscape*. Wiley & Sons.

Appleyard, D. (1970). Styles and methods of structuring a city. *Environment and Behavior*, 2(1), 100–117. https://doi.org/10.1177/001391657000200106

Aram, F., Solgi, E., García, E. H., S, D. M., Mosavi, A., y Shamshirband, S. (2019). Design and validation of a computational program for analysing mental maps: ARAM Mental Map Analyzer. *Sustainability*, 11(14), 3790. https://doi.org/10.3390/su11143790

Arnal, J. C., Sarasa, D., & Gistaín, M. (2012). *Etopia: Centro global para la creatividad, la innovación y el emprendimiento en la ciudad digital*. Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento.

Artyushina, A. (2020). Is civic data governance the key to democratic smart cities? The role of the urban data trust in Sidewalk Toronto. *Telematics and Informatics*, 55, 101456. https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101456

Austin, L. M., y Lie, D. (2021). Data Trusts and the Governance of Smart Environments: Lessons from the Failure of Sidewalk Labs' Urban Data Trust. *Surveillance and Society*, 19(2), 255–261. https://doi.org/10.24908/ss.v19i2.14409

Ayuntamiento de Zaragoza (2018). Revisión del Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Zaragoza. https://www.zaragoza.es/sede/portal/movilidad/plan-movilidad/#docu

Ayuntamiento de Zaragoza (2021). Plan Local de Equipamientos Comerciales de Zaragoza. https://www.zaragoza.es/contenidos/comercio/Plan_local_equipamiento_comercial.pdf

Ayuntamiento de Zaragoza (2022, 24 de noviembre). *Siete proyectos digitalizan los paseos comerciales de Delicias y Zaragoza Esencial con propuestas innovadoras dentro del Plan Local de Comercio y Hostelería. Noticia. Ayuntamiento de Zaragoza*. https://www.zaragoza.es/sede/servicio/noticia/316622

Bailly, E., y Marchand, D. (2021). *Ville numérique: La qualité urbaine en question*. Mardaga.

Banco Mundial. (2018). World Bank Open Data. Accedido el 4 de marzo de 2022, de https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS

Barnett, J. (1974). *Urban design as public policy: Practical Methods for Improving Cities*. Architectural Record Books.

Barney, N. (2023, December 21). *sentiment analysis (opinion mining).* Business Analytics. https://www.techtarget.com/searchbusinessanalytics/definition/opinion-mining-sentiment-mining

Barr, J., Mizrach, B., y Mundra, K. (2014). Skyscraper height and the business cycle: separating myth from reality. *Applied Economics*, 47(2), 148–160. https://doi.org/10.1080/00036846.2014.967380

Barr, A., y Winkler, R. (2014, 24 de junio). Google's Nest Labs opens its platform to outside developers. *Wall Street Journal*. https://www.wsj.com/articles/googles-nest-labs-opens-its-platform-to-outside-developers-1403582672

Batty, M. (1974). Spatial entropy. *Geographical Analysis*, 6(1), 1–31. https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1974.tb01014.x

Batty, M. (2007). Cities and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models, and Fractals. In *MIT Press eBooks*. http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA73808182

Batty, M. (2013). *The New Science of Cities*. MIT Press.

Batty M. (2017). Alexander's Challenge: Beyond Hierarchy In City Systems and Systems of Cities. In Mehaffy, M. (Ed.), *A City Is Not a Tree: 50th Anniversary Edition*. Sustasis Press

Batty, M. (2019). On the confusion of terminologies. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science,* 46(6), 997–999. https://doi.org/10.1177/2399808319866013

BBVA. (2017, Mayo). The five V's of big data. NEWS BBVA. https://www.bbva.com/en/innovation/five-vs-big-data/

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Berrebi-Hoffmann, I., Bureau, M. C., & Lallement, M. (2021). Fablabs and Hackerspaces: A New Culture in the Making. https://globaldialogue.isa-sociology.org/articles/fablabs-and-hackerspaces-a-new-culture-in-the-making

Bettencourt, L., The Kind Of Problem A City Is. (2013). SFI Working Papers (2013). https://www.santafe.edu/research/results/working-papers/the-kind-of-problem-a-city-is

Bettencourt, L, Samaniego, H., y Youn, H. (2015). Professional diversity and the productivity of cities. *Scientific Reports*, 4(1). https://doi.org/10.1038/srep05393

Binder, T., y Brandt, E. (2008). The Design:Lab as platform in participatory design research. *CoDesign*, 4(2), 115–129. https://doi.org/10.1080/15710880802117113

Blasco, M. (2022). Construcción de relatos a través de la visualización de datos. Diseño de herramientas para conocer e interactuar con la información que generamos en nuestro día a día. En A. Ruiz (Ed.), *Mobility Experience. Investigación, innovación y difusión en movilidad* (pp. 101-118). Ediciones Universidad San Jorge.

Bouchain, P. (2020). *Un urbanisme de l'inattendu: Patrick Bouchain, Grand Prix de l'urbanisme 2019*. Editions Parenthèses.

Burgess, M. (2021, 5 de abril). All the data Google's apps collect about you and how to stop it. *WIRED UK*. https://www.wired.co.uk/article/google-app-gmail-chrome-data

Brennan-Horley, C. (2010). Mental mapping the 'creative city.' *Journal of Maps*, 6(1), 250–259. https://doi.org/10.4113/jom.2010.1082

Brenner, N. (2014). *Implosions/Explosions: Towards a Study of Planetary Urbanization*. Jovis.

Bristow, D. N., y Kennedy, C. (2015). Why Do Cities Grow? Insights from Nonequilibrium Thermodynamics at the Urban and Global Scales. *Journal of Industrial Ecology*, 19(2), 211–221. https://doi.org/10.1111/jiec.12239

Buhigas, M., y Sola-Morales, P. (2023). El urbanismo y los datos: oportunidades, riesgos y límites. Zarch: Journal of interdisciplinary studies in architecture and urbanism, 19, 14-27. https://doi.org/10.26754/ojs_zarch/zarch.2022197406

Cabay, E. et al. (2023). *IAAC builds TOVA: Spain's first 3D printed prototype using earth - IAAC*. IAAC. https://iaac.net/project/3dpa-prototype-2022/

Cabral, P., Augusto, G., Tewolde, M. G., y Araya, Y. H. (2013). Entropy in urban systems. *Entropy*, 15(12), 5223–5236. https://doi.org/10.3390/e15125223

Cadwallader, M. T. (1976). Cognitive distance in intraurban space. Environmental Knowing. *Theories, research, and methods*, pp. 316-324

Cai, Z., Zheng, X., & Yu, J. (2019). A Differential-Private Framework for Urban Traffic flows Estimation via taxi companies. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *15*(12), 6492–6499. https://doi.org/10.1109/tii.2019.2911697

Candelieri, A. y Archetti, F. (2015). Detecting events and sentiment on Twitter for improving Urban Mobility. Bosco, C. et al. (Eds). CEUR-WS.org. *Emotion and Sentiment in Social and Expressive Media* (106-115) http://ceur-ws.org/Vol-1351/

Carmona, M. (2013). The Place-shaping Continuum: A Theory of Urban Design Process. *Journal of Urban Design*, 19(1), 2–36. https://doi.org/10.1080/13574809.2013.854695

Carr, C., y Hesse, M. (2020). When Alphabet Inc. Plans Toronto's waterfront: New Post-Political Modes of Urban Governance. *Urban Planning*, 5(1), 69–83. https://doi.org/10.17645/up.v5i1.2519

Castells, M. (1996). *The rise of the network society*. Oxford: Blackwell Publishers Ltd.

Castells, M., y Hall, P. (1994). *Technopoles of the World: The Making of Twenty-first-century Industrial Complexes*. Routledge.

Chao, A. L., Gallego, A. C., López-Chao, V., y Alvarellos, A. (2020). Indicators Framework for Sustainable Urban Design. *Atmosphere*, 11(11), 1143. https://doi.org/10.3390/atmos11111143

Chinchilla, I., (2022). *La ciudad de los cuidados*. Los libros de la Catarata.

Colback, L. (2023, March 13). The rise of the platform economy. *Financial Times*. https://ft.com/content/e5f5e5b9-3aec-439a-b917-7267a08d320f

Comisión Europea (2020). *Towards a European strategy on business-to-government data sharing for the public interest : final report prepared by the High-Level Expert Group on Business-to-Government Data Sharing*, Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2759/73141

Comisión Europea. (2020b). *Una estrategia europea de datos*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1603192262438&uri=CELEX%3A52020DC0066

Comisión Europea. (2020c). *Data Governance Act*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52020PC0767

Comisión Europea (2021, 14 de julio). *The European Green Deal*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Comisión Europea. (2022). *Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on harmonised rules on fair access to and use of data (Data Act)* https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A68%3AFIN

Comisión Europea. (2023, 12 de diciembre). *The Digital Markets Act* (DMA). https://digital-markets-act.ec.europa.eu/index_en

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Cooper, R., y C. Boyko. 2020. How to Design a City in Five Easy Steps: *Exploring VivaCity2020's Process and Tools for Urban Design Decision-Making* 3 (3), 253– 273.

Crabtree, A., y Rodden, T. (2007). Hybrid ecologies: understanding cooperative interaction in emerging physical-digital environments. *Personal and Ubiquitous Computing*, 12(7), 481–493. https://doi.org/10.1007/s00779-007-0142-7

Cross, R. J. (2023, 26 de septiembre). *How Mastercard sells its 'gold mine' of transaction data*. U.S. PIRG Education Fund. https://pirg.org/edfund/resources/how-mastercard-sells-data/

Cuthbert, A. 2012. Sustainable Theory: Sustainable form – The Future of Urban Design. In Sustainable Urbanism and Beyond, edited by T. Hass, 180– 183. Rizzoli.

De Heer, S. (2023). A scandal on AI in administration, again: Fortifying fundamental rights in the age of AI. *Verfassungsblog*. https://doi.org/10.17176/20230725-012056-0

De Lauwe, P. H. C. (1952). *Paris et l'agglomération parisienne: Méthodes de recherches pour l'étude d'une grande cité*. Presses universitaires de France.

De Monchaux, N. (2016). *Local Code: 3659 Proposals About Data, Design, and the Nature of Cities*. Princeton Architectural Press.

De Montjoye, Y., Radaelli, L., Singh, V. K., y Pentland, A. (2015). Unique in the shopping mall: On the reidentifiability of credit card metadata. *Science*, 347(6221), 536–539. https://doi.org/10.1126/science.1256297

De Winter, G. (2022). City entropy shapes how your brain works. *Medium*. https://medium.com/predict/city-entropy-shapes-how-your-brain-works-f5cccaae2a9d

Dean, J., y Ghemawat, S. (2008). MapReduce: simplified data processing on large clusters. *Communications of the ACM*, 51(1), 107-113.

Debord, G.(1957). *The Naked City - Illustration de l'hypothèse des plaques tournantes en psychogeographique (sic)* [Litografía]. Permild & Rosengreen, Copenhague.

Debord, G. (1958). La lutte pour le controle des nouvelles techniques de conditionnement. *Internationale Situationniste*, 1.

Debord, G. (2022). *Psicogeografía, arquitectura y urbanismo*. Ediciones Asimétricas.

Deloitte, (2019). *The future of retail metrics. Measuring success in a shifting marketplace*. Deloitte Development LLC. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/consumer-business/us-cb-future-of-retail-metrics.pdf

Díez, T. (2012). Personal Fabrication: Fab Labs as Platforms for Citizen-Based Innovation, from Microcontrollers to Cities. *Nexus Network Journal*, 14(3), 457–468. https://doi.org/10.1007/s00004-012-0131-7

Di Monte, P. y Grávalos, I. (2023). *Urbanismo entrópico*. Veredes, Arquitectura y Divulgación. https://veredes.es/blog/urbanismo-entropico-ignacio-gravalos-patrizia-di-monte/

Dimitrijevic, B. (2019). *Agile urban planning and phased housing construction for migrating populations*. University of Strathclyde. https://pureportal.strath.ac.uk/en/publications/agile-urban-planning-and-phased-housing-construction-for-migratin

Dorst, C. K. (2006). Design Problems and Design Paradoxes. *Design Issues*, 22(3), 4-17. https://doi.org/10.1162/desi.2006.22.3.4

Downs, R. y Stea, D. (2017). Image and environment. En *Routledge eBooks*. https://doi.org/10.4324/9780203789155

Dreyfus, H. L. (1992). *What Computers Still Can't Do: A Critique of Artificial Reason*. MIT Press.

Duarte, F., & Álvarez, R. (2019). The data politics of the urban age. *Palgrave Communications*, 5(1). https://doi.org/10.1057/s41599-019-0264-3

Dwork, C. (2006). Differential privacy. In *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 1–12). https://doi.org/10.1007/11787006_1

Dyne Foundation. (2019). DECODE. https://decodeproject.eu/index.html

Ellard, C. (2015). *Places of the Heart: The Psychogeography of Everyday Life*. Bellevue Literary Press.

Elrahman, A. S. A. y Asaad, M. (2021). Urban design & urban planning: A critical analysis to the theoretical relationship gap. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 1163-1173. https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.020

England, J. (2020). *Every Life is on Fire: How Thermodynamics Explains the Origins of Living Things*. Basic Books.

ENOLL (2019, July). *What are Living Labs*. European Network of Living Labs. Retrieved January 1, 2023, from https://enoll.org/about-us/what-are-living-labs/

Eurocities. (2022, 7 de febrero). *(Data) Act 1 of Business to Government data sharing*. Eurocities. https://eurocities.eu/latest/data-act-1-of-business-to-government-data-sharing/

Erlström, A., Grillitsch, M., y Hall, O. (2022). The geography of connectivity: a review of mobile positioning data for economic geography. *Journal of Geographical Systems*, 24(4), 679–707. https://doi.org/10.1007/s10109-022-00388-4

Ewing, R., y Clemente, O. (2013). *Measuring urban design: Metrics for Livable Places*. Island Press.

Fantoni, R., Hoefel, F. y Mazzarolo, M. (2014, 1 de noviembre). *The future of the shopping mall*. McKinsey & Company. https://www.mckinsey.com/capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights/the-future-of-the-shopping-mall

Ferrara, E., Fragale, L., Fortino, G., Song, W., Perra, C., Di Mauro, M., y Liotta, A. (2019). An AI approach to collecting and analyzing human interactions with urban environments. *IEEE Access*, 7, 141476–141486. https://doi.org/10.1109/access.2019.2943845

Florida, R. (2002). *The rise of the creative class*. Basic Books.

Foth, M. (2017). Connected urbanism and cohabitation in the smart city. In *Green Institute Conference* (pp. 1-1).

Freemark, Y., Bliss, A. A., y Vale, L. J. (2021). Housing Haussmann's Paris: the politics and legacy of Second Empire redevelopment. *Planning Perspectives*, 37(2), 293–317. https://doi.org/10.1080/02665433.2021.1937293

Frenchman D. y Mitchell, W.J. (2006). *Zaragoza Milla Digital. Designing a new century public realm*. Ayuntamiento de Zaragoza.

Frenchman, D. M., y Rojas, F. (2006). Zaragoza's digital mile: Place-making in a new public realm. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/294668249_Zaragoza's_digital_mile_Place-making_in_a_new_public_realm

Frolking, S., Milliman, T., Seto, K. C., & Friedl, M. A. (2013). A global fingerprint of macro-scale changes in urban structure from 1999 to 2009. *Environmental Research Letters*, 8(2), 024004. https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024004

Fuentes Caro, D. (2014). *Teoría de la deriva. La deriva como forma de observación arquitectónica*. Casiopea. Consultado el 23 de Agosto, en https://wiki.ead.pucv.cl/Daniela_Fuentes_Caro_-_Teor%C3%ADa_de_la_deriva._La_deriva_como_forma_de_observaci%C3%B3n_arquitect%C3%B3nica.

Furman, A. N. (2012). Desire Lines: determining pathways through the city. *Ecology and the Environment*. https://doi.org/10.2495/sc120031

Gallagher, S. (2011, 28 de noviembre). We're watching: malls track shoppers' cellphone signals to gather marketing data. *WIRED*. https://www.wired.com/2011/11/malls-track-phone-signals/

Gallopín, G. C. (2020). Cities, sustainability, and complex dissipative systems. A perspective. *Frontiers in Sustainable Cities*, 2. https://doi.org/10.3389/frsc.2020.523491

García, R., (2022, 30 de marzo). *Cities react to the EU Data Act*. Eurocities. https://eurocities.eu/latest/cities-react-to-the-eu-data-act/

Garling, T., Book, A. y Lindberg, E. (1985). Adults' memory representations of the spatial properties of their everyday physical environment. En R. Cohen, (Ed.), *The Development of Spatial Cognition*. Erlbaum Lawrence.

Garman, K. (2023, 14 de septiembre). *Innovative Collaboration for Cities and Universities - National League of Cities*. National League of Cities. https://www.nlc.org/article/2023/09/14/innovative-collaboration-for-cities-and-universities/

Geddes, P. (1971). *Cities in evolution: An Introduction to the Town Planning Movement and to the Study of Civics*. (Originalmente publicado en 1915).

Gehl, J. (2011). *Life Between Buildings: Using Public Space*.

Gehl, J. (2013). *Cities for People*. Island Press.

Gibson, J. J. (1980). The ecological approach to visual Perception. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 39(2), 203. https://doi.org/10.2307/429816

Gilder, G. (1995). Angst and awe on the internet. *Forbes ASAP*, Febrero.

González, M. C., Hidalgo, C. A., & Barabási, A. (2008). Understanding individual human mobility patterns. *Nature*, 453(7196), 779–782. https://doi.org/10.1038/nature06958

Goodchild, M. F. (2022). Elements of an infrastructure for big urban data. *Urban Informatics*, 1(1). https://doi.org/10.1007/s44212-022-00001-5

Goteo, (2017). *IMAGINA TU PATIO*. Goteo.org. https://www.goteo.org/project/imagina-tu-patio?currency=USD

Götz, N. y Holmén, J. (2021). *Mental maps: Geographical and Historical Perspectives*. Routledge.

Granés, C. (2012). *El puño invisible: arte, revolución y un siglo de cambios culturales*. Taurus.

Greenfield, A. (2013). *Against the smart City*. Do projects

Guerzoni, F., (2022, 12 de Mayo). *Digital Transformation: Orgalim position on the Data Act proposal*. https://orgalim.eu/position-papers/digital-transformation-orgalim-position-data-act-proposal

Haggart, B., Henne, K., y Tusikov, N. (2019). *Information, technology and control in a changing world: Understanding Power Structures in the 21st Century*. Springer.

Hannes, E., Kusumastuti, D., Espinosa, M. L., Janssens, D., Vanhoof, K., & Wets, G. (2010). Mental maps and travel behaviour: meanings and models. *Journal of Geographical Systems*, 14(2), 143–165. https://doi.org/10.1007/s10109-010-0144-2

Harary, F. y Rockey, J. (1976). A City is Not a Semilattice Either. *Environment and Planning* A 8, 375-384.

Harvey, D. J. (1989). The urban experience. *Johns Hopkins University Press eBooks*. https://doi.org/10.56021/9780801838491

Harvey, D. (1996). Cities or urbanization? En *City* (Vol. 1, Números 1-2, pp. 38-61). Taylor & Francis. https://doi.org/10.1080/13604819608900022

Hassler, W. , Lutz, B., Prinz, A., Seibold, E., Stampfer, M., Steinkogler, P., y Tschöll , P. (2023). Data Governance and Public-Private Partnership data sharing models. Examples from Vienna within the Austrian and European Context. In *United Nations University*. https://unu.edu/publication/data-governance-and-public-private-partnership-data-sharing-models

Hietanen, S. (2014). CEO ITS Finland. Mobility as a service the new transport model. Technical report, MaaS Finland.

Hill, M. (1982). *Spatial Structure and Decision-Making of Pedestrian Route Selection through an Urban Environment*. Ph.D. dissertation, University of Nebraska.

Hillier, B., y Hanson, J. (1989). *The social logic of space*. Cambridge University Press.

Hillier, B. (1996). Cities as movement economies. *Urban Design International*, 1(1), 41–60. https://doi.org/10.1057/udi.1996.5

Hojlo, J. (2021, 3 de febrero). *Future of industry ecosystems: shared data and insights*. IDC Blog. https://blogs.idc.com/2021/01/06/future-of-industry-ecosystems-shared-data-and-insights/

Ingham, L. (2019, January 25). Facebook WhatsApp merger has serious privacy implications for users. *Verdict*. https://www.verdict.co.uk/facebook-whatsapp-merger-instagram-privacy/

Innerarity, D. (2011). *La democracia del conocimiento: por una sociedad inteligente*. Grupo Planeta (GBS).

Interaction Design Foundation - IxDF. (2016, June 1). What is User Experience (UX) Design?. Interaction Design Foundation - IxDF. https://www.interaction-design.org/literature/topics/ux-design

Ivain, G. (1958). Formulaire pour un urbanisme nouveau. *Internationale Situationniste, 2*.

Jacobs, A. B., y Appleyard, D. (1987). Toward an urban design manifesto. *Journal of the American Planning Association*, 53(1), 112–120. https://doi.org/10.1080/01944368708976642

Jacobs, J. (1956, 9-10 de abril). "Urban Design: Condensed report of an invitation conference sponsored by Faculty and Alumni Association of Graduate School of Design [en la Universidad de Harvard]. (1956) *Progressive Architecture, 8*, 102. https://usmodernist.org/PA/PA-1956-08.pdf

Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. Random House.

Jacobs, J. (1970). *The Economy Of Cities*. Vintage Books.

Jacobs, K. (2022, 6 de julio). Toronto wants to kill the smart city forever. *MIT Technology Review*. https://www.technologyreview.com/2022/06/29/1054005/toronto-kill-the-smart-city/

Jallon, B., Napolitano, U., & Boutté, F. (2017). *Paris Haussmann: modèle de ville*. Park Books.

Jethani, S., & Leorke, D. (2021). *What is open data? Historical and instrumental perspectives. In Springer eBooks* (pp. 15–32). https://doi.org/10.1007/978-981-16-4251-7_2

Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. Penguin UK.

Kain, J.F. (1992). The spatial mismatch hypothesis: Three decades later. *Housing Policy Debate*, 3(2), 371–460

Kasprisin, R. (2011). *Urban design: The Composition of Complexity*. Routledge.

Kepes, G. (1956, 9-10 de abril). "Urban Design: Condensed report of an invitation conference sponsored by Faculty and Alumni Association of Graduate School of Design [en la Universidad de Harvard]. (1956) *Progressive Architecture*, 8, 101. https://usmodernist.org/PA/PA-1956-08.pdf

Khatib, A. (1958). Essai de description psychogéographique des Halles. *Internationale Situationniste, 2*.

Kitchin, R. M. (1994). Cognitive maps: What are they and why study them? *Journal of Environmental Psychology*, 14(1), 1–19. https://doi.org/10.1016/s0272-4944(05)80194-x

Kitchin, R. (2014). The data revolution: Big data, open data, data infrastructures and their consequences. *The Data Revolution*, 1-240.

König, R., Miao, Y., Aichinger, A., Knecht, K., y Konieva, K. (2019). Integrating urban analysis, generative design, and evolutionary optimization for solving urban design problems. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 47(6), 997–1013. https://doi.org/10.1177/2399808319894986

Koolhaas, R., y Mau, B. (1997). *S, M, L, XL*. The Monacelli Press, LLC.

Krieger, A., y Saunders, W. S. (Eds.). (2009). *Urban Design*. University of Minnesota Press.

Kroeze, J. H. (2012). Interpretivism in IS – a Postmodernist (or Postpositivist?) Knowledge Theory. *Americas Conference on Information Systems*. https://uir.unisa.ac.za/bitstream/10500/6983/1/kroeze%2c%20Jan.pdf

Kunashegaran, S. (2023, 7 de august). How Uber, Google, Facebook and other tech giants avoid paying billions in tax? *Medium*. https://sathyvelukunashegaran.medium.com/how-uber-google-facebook-and-other-tech-giants-avoid-paying-billions-in-tax-365b7c8b7dbc

Kunstler, J. H. (1994). *Geography of Nowhere: The Rise And Declineof America'S Man-Made Landscape*. Simon and Schuster.

Labrinidis, A., y Jagadish, H. V. (2012). Challenges and opportunities with big data. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 5(12), 2032–2033. https://doi.org/10.14778/2367502.2367572

Larson, K., Intille, S., McLeish, T. J., Beaudin, J., y Williams, R. E. (2004). Open source building — reinventing places of living. *Bt Technology Journal*, 22(4), 187–200. https://doi.org/10.1023/b:bttj.0000047598.66712.e0

Latham, A., y Layton, J. (2019). Social infrastructure and the public life of cities: Studying urban sociality and public spaces. *Geography Compass*, 13(7), e12444. https://doi.org/10.1111/gec3.12444

Latour, B. (2018). *Down to earth: Politics in the New Climatic Regime*. John Wiley & Sons.

LeCavalier, J. (2016). *The rule of logistics: Walmart and the Architecture of Fulfillment*. U of Minnesota Press.

Lefebvre, H. (1974). *Le droit à la ville: suivi de, Espace et politique*. Seuil.

Lim, H. S. M., y Taeihagh, A. (2019). Algorithmic Decision-Making in AVs: Understanding ethical and technical concerns for smart cities. *Sustainability*, 11(20), 5791. https://doi.org/10.3390/su11205791

Lisbona, J. (2022, 23 de diciembre). Las Delicias inaugura el primer paseo comercial de Zaragoza con la esperanza de recuperar clientes y negocios. *heraldo.es*. https://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza/2022/12/23/las-delicias-inaugura-el-primer-paseo-comercial-de-zaragoza-con-la-esperanza-de-recuperar-clientes-y-negocios-1620636.html

Lobo, J., et al. (2020). Urban Science: Integrated Theory from the First Cities to Sustainable Metropolises. *Social Science Research Network*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3526940

Loney, D. (2003, 29 de abril). Phill Zimmermann sobre la Ley de Moorey la privacidad: “Moore's law 'is biggest threat to privacy'. ZDNet. https://www.zdnet.com/article/moores-law-is-biggest-threat-to-privacy/

Long, Y. (2019). (New) Urban Science: Studying “New” Cities with New Data, Methods, and Technologies. *Landscape Architecture Frontiers*, 7(2), 8. https://doi.org/10.15302/j-laf-20190202

Longás, D. (2022, 1 de agosto). *Todo sobre MEDS Cierzo 2022*. Zaragoza Ciudad. https://www.zaragoza-ciudad.com/que-ver-y-hacer/meds-estara-en-las-fuentes-el-proximo-verano/

Lynch, K. (1960). *The Image of the City*. MIT Press.

Lynch, K. (1984). *Good city form*. MIT Press.

Madanipour, A. (2006). Roles and challenges of urban design. *Journal of Urban Design*, 11(2), 173–193. https://doi.org/10.1080/13574800600644035

Mäkinen, S., y Münch, J. (2014). Effects of Test-Driven Development: A Comparative analysis of Empirical studies. En *Lecture notes in business information processing* (pp. 155-169). https://doi.org/10.1007/978-3-319-03602-1_10

Manyika, J., Chui, M., Brown, B., y Byers, A. H. (2011). Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. *McKinsey Global Institute*. https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/big%20data%20the%20next%20frontier%20for%20innovation/mgi_big_data_exec_summary.pdf

Manyika, J., Chui, M., Farrell, D., Van Kuiken, S., Groves, P., y Doshi, E. A. (2013). Open data: Unlocking innovation and performance with liquid information. In *McKinsey & Company*. https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/open-data-unlocking-innovation-and-performance-with-liquid-information

Marelli, G. (1998). L'Amère victoire du Situationnisme : pour une histoire critique du Situationnisme, 1957-1972. Sulliver.

Marshall, S. (2012). Science, Pseudo-science and Urban Design. *Urban Design International* 17 (4), 257 – 271.

Martin, N. (2019, March 30). Uber charges more if they think you're willing to pay more. *Forbes*. https://www.forbes.com/sites/nicolemartin1/2019/03/30/uber-charges-more-if-they-think-youre-willing-to-pay-more/?sh=601cba187365

Martín-Consuegra, F., Hernández-Aja, A., Oteiza, I., y Alonso, C. (s. f.). Distribución de la pobreza energética en la ciudad de Madrid (España). *IEURE*, 45(135), 133-152. https://www.scielo.cl/pdf/eure/v45n135/0717-6236-eure-45-135-0133.pdf

Masboungi, A. (Ed.). (2020). *Un urbanisme de l'inattendu: Patrick Bouchain, Grand Prix de l'urbanisme 2019*.

McHarg, I. L. (1995). *Design with nature*. Turtleback.

McLuhan, M. (2003). *Understanding media: The Extensions of Man*. Corte Madera, CA : Gingko Press. Publicado originalmente en 1964.

Mehaffy, M. (2008). Generative methods in urban design: a progress assessment. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 1(1), 57–75. https://doi.org/10.1080/17549170801903678

Mehaffy, M. y Salingaros, N. *The Future Of Architecture Must Be "Agile"*. (2013). Metropolis. Recuperado 6 de julio de 2022, de https://www.metropolismag.com/design/future-architecture

Metcalfe, B. (2013). Metcalfe's Law after 40 Years of Ethernet. *IEEE Computer*, 46(12), 26–31. https://doi.org/10.1109/mc.2013.374

Minner, K. (2020, 27 de julio). *Toronto Central Waterfront / West 8 and DTAH*. ArchDaily. https://www.archdaily.com/111635/toronto-central-waterfront-west-8-and-dtah

Mitchell, W. J. (1999). *e-topia: Urban Life, Jim. But Not As We Know It*. MIT Press.

Mitchell, W. J. (2007). The architectural consequences of connectivity. En K. O'Donnell y W. Wagener (Eds.). *Connected Real State*. Torworth Publishing.

Mollick, E. (2006). Establishing Moore's law. *IEEE Annals of the History of Computing, 28*(3), 62–75. https://doi.org/10.1109/mahc.2006.45

Monaco, L. (2018, August 18). *Orient_Arte en la Milla Digital - Open Urban Lab • Propuestas de mejora de Zaragoza*. Open Urban Lab • Propuestas De Mejora De Zaragoza. https://openurbanlab.com/2018/02/03/orient_arte-en-la-milla-digital/

Monaco, L. (2020). Looking for city 4.0. Two work in progress experiences in Zaragoza. (2020). *Zenodo*. https://doi.org/10.5281/zenodo.1344463

Monclús, F. y Bambó, R. (2019). *Regeneración urbana (V): Propuestas para el barrio de Las Fuentes, Zaragoza*. Prensas de la Universidad de Zaragoza.

Montes, C. (2019). A City with a Sense. Back to Kevin Lynch's The Image of the City. *Diségno*, 5, 209–216. https://doi.org/10.26375/disegno.5.2019.20

Montes, J. (2020). A Historical view of smart Cities: definitions, features and tipping points. *Social Science Research Network*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3637617

Morgan, K., y Webb, B. (2020). Googling the City: in search of the public interest on Toronto's 'Smart' waterfront. *Urban Planning*, 5(1), 84–95. https://doi.org/10.17645/up.v5i1.2520

Moro, E. (2023). A city is not a static tree: understanding urban areas through the lens of real-time behavioral data. *Zarch: Journal of Interdisciplinary Studies in Architecture and Urbanism*, 19, 28–39. https://doi.org/10.26754/ojs_zarch/zarch.2022197407

Morozov, Evgeny (2014). To Save Everything, Click Here: The Folly of Technological Solutionism. *Penn State University Press. Journal of Information Policy*, 4. 173-175. https://www.jstor.org/stable/10.5325/jinfopoli.4.2014.0173

Moughtin, C., R. Cuesta, C. Sarris, and P. Signoretta. (1999). *Urban Design: Method and Techniques*. Architectural Press.

Mumford, L. (1956, 9-10 de abril). "Urban Design: Condensed report of an invitation conference sponsored by Faculty and Alumni Association of Graduate School of Design [en la Universidad de Harvard]. (1956) *Progressive Architecture*, 8, 103. https://usmodernist.org/PA/PA-1956-08.pdf

Mumford, L. (1961). *The city in history: Its Origins, Its Transformations, and Its Prospects*. Houghton Mifflin Harcourt P.

Munro, G. (2015). A manifesto for agile urbanism: a citizen-led blueprint for smart cities, smart communities, and smart democracy. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/325487088

Nasar, J. L. (1990). The evaluative image of the city. *Journal of the American Planning Association*, 56(1), 41-53.

Nakajima, K., Hauser, H., Li, T., y Pfeifer, R. (2015). Information processing via physical soft body. *Scientific Reports*, 5(1). https://doi.org/10.1038/srep10487

Nelischer, K., (2022). *The development of Quayside: Planning Toronto's Smart City*. University of Toronto. http://hdl.handle.net/1807/125598

Neumann et al., (2015). *Citykeys* Deliverable 1.2 Overview of the Current State of the Art. *Citykeys consortium*. https://www.ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5a5d25cf2&appId=PPGMS

Neutra, R.J., Survival through design. 1954: Oxford University Press.

Newman, O. (1972). *Defensible space; Crime prevention through urban design*. Simon & Schuster Books For Young Readers.

Newman, O. (1996). *Creating defensible space*. U.S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research.

OECD. (2015). The Metropolitan Century. En *OECD eBooks*. https://doi.org/10.1787/9789264228733-en

OMA. (2009, 16 de diciembre). *The McCormick Tribune Campus Center*. Architonic. https://www.architonic.com/en/project/oma-the-mccormick-tribune-campus-center/5100219

ONU. (2018). *68% of the world population projected to live in urban areas by 2050*, says UN | UN DESA |. Recuperado 8 de abril de 2022, de https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html

Open Urban Lab. (2019, 9 de abril). *Bicisur ahora se llama Bizia, y ya funciona!* https://openurbanlab.com/2019/04/09/bicisur-ahora-se-llama-bizia-y-ya-funciona/

Ortuzar, J. Armoogum, J. Madre, J.L. y Potier, F. (2010). Continuous Mobility Surveys: The State of Practice. *Transport Reviews*, Taylor & Francis (Routledge).

Our World In Data, 2021. Population & Demography Data Explorer. 2021. Accedido el 4 de marzo de 2022. https://ourworldindata.org/explorers/population-and-demography?facet=none&pickerSort=desc&pickerMetric=population__all__all__records&hideControls=false&Metric=Population&Sex=Both+sexes&Age+group=Total&Projection+Scenario=None&country=~OWID_WRL.

Pääkkönen, P., & Pakkala, D. (2015). Reference architecture and classification of technologies, products and services for big data systems. *Big Data Research*, 2(4), 166–186. https://doi.org/10.1016/j.bdr.2015.01.001

Panagiotakopoulos, T., Iatrellis, O., & Kameas, A. (2022). Emerging Smart City Job Roles and Skills for smart Urban Governance. In *Springer eBooks* (pp. 3–19). https://doi.org/10.1007/978-3-030-97818-1_1

Parlamento Europeo (2007). *Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos)*. http://data.europa.eu/eli/dir/2007/2/oj

Parlamento Europeo (2016). *Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos)*. http://data.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj

Parlamento Europeo (2019). *Directiva (UE) 2019/1024 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de junio de 2019, relativa a los datos abiertos y la reutilización de la información del sector público (versión refundida)*. http://data.europa.eu/eli/dir/2019/1024/oj

Patil, R. y Patil, V., (2016). Theory of Good City Form by Kevin Lynch- Review. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)* 1172-1174.

Paulsen, K. (2012). The evolution of suburban relative housing-unit diversity. *Housing Policy Debate,* 22(3), 407–433. https://doi.org/10.1080/10511482.2012.680480

Perla, P. (2022, 16 de febrero). La calle Don Jaime de Zaragoza ya tiene gemelo digital. *heraldo.es.* https://www.heraldo.es/noticias/aragon/2022/02/16/la-calle-don-jaime-ya-tiene-gemelo-digital-1553303.html

Planning Report (2007, November 1). *Jaime Lerner: Cities Present solutions, not problems, for Quality of Life* https://www.planningreport.com/2007/11/01/jaime-lerner-cities-present-solutions-not-problems-quality-life-climate-change

Popper, K. (2013). *The Poverty of Historicism*. Routledge. (Obra original publicada en 1957)

Press, G. (2014, 3 de Septiembre). 12 Big Data definitions: What's yours? *Forbes*. https://www.forbes.com/sites/gilpress/2014/09/03/12-big-data-definitions-whats-yours/?sh=7eb85bac13ae

Radvansky, G. A. (2012). Across the event horizon. *Current Directions in Psychological Science*, 21(4), 269–272. https://doi.org/10.1177/0963721412451274

Ratti, C., Frenchman, D., Pulselli, R. M., y Williams, S. (2006). Mobile Landscapes: Using Location Data from Cell Phones for Urban Analysis. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33(5), 727–748. https://doi.org/10.1068/b32047

Rees, W. E., y Wackernagel, M. (1996). Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable—And why they are a key to sustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, 16(4–6), 223–248. https://doi.org/10.1016/s0195-9255(96)00022-4

Resch, E., Bohne, R. A., Kvamsdal, T., y Lohne, J. (2016). Impact of urban density and building height on energy use in cities. *Energy Procedia*, 96, 800-814. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.142

Ritchie, F., & Welpton, R. (2011, October). Sharing risks, sharing benefits: Data as a public good. Paper presented at work session on statistical data confidentiality 2011; Eurostat, Tarragona.

Ries, E. (2011). *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*. Currency.

Rizzi, N. (2022, 23 de agosto). *How malls track shoppers inside and outside its doors*. SVN Commercial Advisory Group Commercial Real Estate Services. https://suncoastsvn.com/how-malls-track-consumers/

Roberts, H., Resch, B., Sadler, J., Chapman, L., Petutschnig, A., y Zimmer, S. (2018). Investigating the emotional responses of individuals to urban green space using Twitter data: A critical comparison of three different methods of sentiment analysis. *Urban Planning*, 3(1), 21–33. https://doi.org/10.17645/up.v3i1.1231

Rodríguez, A. (2021). AI ETHICS IN POLICY AND ACTION: city governance of algorithmic decision systems. *CIDOB briefings*.

Romanillos, G. (2021, septiembre). Visualización de datos (Núm. 001) [Episodio de podcast de audio]. En *Panoramas*. Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento. https://open.spotify.com/episode/1iA40YTUP1JQiPZk7113Lg

Rossi, A. (2015). *La arquitectura de la ciudad*. Gustavo Gili.

Rowe, P. G. (1991). *Making a middle landscape*. MIT Press.

Ruiz, A. (2022, 15 de septiembre). Los dueños de Pikolín ponen a la venta su nuevo centro comercial La Torre de Zaragoza. *Cinco Días*. https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/09/13/companias/1663093183_684597.html

Russell, J. S. (2012). *The Agile City: Building Well-being and Wealth in an Era of Climate Change*. Island Press.

Sabri, S., y Witte, P. (2023). Digital technologies in urban planning and urban management. *Journal of Urban Management*, 12(1), 1–3. https://doi.org/10.1016/j.jum.2023.02.003

Sánchez, C. S., Peiró, M. N., Taylor, J., Mavrogianni, A., y González, J. N. (2019). Assessing population vulnerability towards summer energy poverty: Case studies of Madrid and London. *Energy and Buildings*, 190, 132–143. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.02.024

Sarasa, D. (2016). Network design and optimization for smart cities. En K. Gakis y P. M. Pardalos (Eds.), *Series on computers and operations research*. https://doi.org/10.1142/10277

Sarasa, D. (2020). *Cronología crítica de la Smart City según Google*. Urbequity. https://urbequity.com/wp-content/uploads/2020/10/CronologiaCriticaSmartCityGoogle_DanielSarasa2020.pdf

Sarasa, D. (2021, 14 de febrero). *Cómo reactivar el comercio local durante la pandemia: Volveremos Si Tú Vuelves*. Urbequity. https://urbequity.com/reactivacion-comercial-covid-19-volveremos-zaragoza/

Sassen, S. (2017, 14 de septiembre). *Open Source Urbanism*. Domus. https://www.domusweb.it/en/opinion/2011/06/29/open-source-urbanism.html

Schon, D. A. (1984). *The Reflective Practitioner: How Professionals Think In Action*. Basic Books.

Scott-Brown, D. (2009). Urban design at fifty. En Urban Design. University of Minnesota Press. Ed A. Krieger y W. Saunders.

Scott-Niederjohn, M., y Holder, K. (2019). Econs vs. Humans: An Introduction to Behavioral Economics. Social Education 83(2), p. 94–99. *National Council for the Social Studies*.

Sennett, R. (2009). *The craftsman*. Penguin UK.

Sennett, R. (2012). *Together: The Rituals, Pleasures and Politics of Cooperation*. Penguin UK.

Sennett, R. (2018). *Building and dwelling: Ethics for the City*. Penguin UK.

Serrano-Estrada, L., Nolasco-Cirugeda, A., y Ciriquián, P. M. (2023). Planificación urbana 4.0: datos geolocalizados de redes sociales para la intervención en la ciudad. *Zarch: Journal of interdisciplinary studies in architecture and urbanism*, 19, 40-53. https://doi.org/10.26754/ojs_zarch/zarch.2022196903

Sert, J.L. (1956, 9-10 de abril). "Urban Design: Condensed report of an invitation conference sponsored by Faculty and Alumni Association of Graduate School of Design [en la Universidad de Harvard]. (1956) *Progressive Architecture*, 8, 97. https://usmodernist.org/PA/PA-1956-08.pdf

Sevtsuk, A. (2020). *Street Commerce: Creating Vibrant Urban Sidewalks*. University of Pennsylvania Press.

Sevtsuk, A. (2020b). *Urban Design Performance Indicators*. Workshop on City Form. City Form Lab. MIT. https://www.dropbox.com/s/tod4afhnfjykvsq/workshop_cityform_20sep.pdf?dl=0

Sevtsuk, A., Basu, R., y Chancey, B. (2021). We shape our buildings, but do they then shape us? A longitudinal analysis of pedestrian flows and development activity in Melbourne. *PLOS ONE*, 16(9), e0257534. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257534

Sevstuk, A., Morgan, R., Fayad, S., y Halpern. (n.d.). *Transit Access. Improving walking and biking to commuter rail stations in Greater Boston*. MIT City Form Lab, Sasaki Foundation y Barr Foundation. https://boston.transit-access.com/downloads/Transit_Access_Final_Report.pdf

Shirvani, H. (1985). *The urban design process*. Van Nostrand Reinhold Company.

Shutters, S. T. (2018). Urban Science: Putting the "Smart" in Smart Cities. *Urban Science*, 2(4), 94. https://doi.org/10.3390/urbansci2040094

Sidewalk Labs (2019). MIDP. Sidewalk Labs LLC. https://www.sidewalklabs.com/toronto

Simon, H. A. (1973). The structure of ill structured problems. *Artificial Intelligence*, 4(3-4), 181-201. https://doi.org/10.1016/0004-3702(73)90011-8

Sinha, S. (2023, August 3). *State of IoT 2023: Number of connected IoT devices growing 16% to 16.7 billion globally*. IoT Analytics. https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/#:~:text=The%20latest%20IoT%20Analytics%20%E2%80%9CState,to%2016.7%20billion%20active%20endpoints.

Solà-Morales, I. (1996). Terrain vague. En *Quaderns d'arquitectura i urbanisme*, Número 212, p. 34-43.

Sorkin, M. (2009). The end(s) of urban design. En *Urban Design*. University of Minnesota Press. Ed. A. Krieger y W. Saunders.

Stenslund, A. (2022). Introducing atmospheres in urban design. In *Routledge eBooks*. https://doi.org/10.4324/9781003279846-1

SUMC. (2017, 24 de marzo). *Uber Data Sharing Agreement, Boston, Massachusetts, 2015 - Mobility Learning Center*. Mobility Learning Center. https://learn.sharedusemobilitycenter.org/overview/uber-data-sharing-agreement-boston-massachusetts-2015/

Sundararajan, A. (2016). *The sharing economy: The End of Employment and the Rise of Crowd-Based Capitalism*. MIT Press.

Talavera-García, R., Romanillos, G., & Arias-Molinares, D. (2021). Examining spatio-temporal mobility patterns of bike-sharing systems: the case of BiciMAD (Madrid). *Journal of Maps*, 17(1), 7–13. https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1866697

Talen, E. (2009). Bad parenting. En Urban Design. University of Minnesota Press. Ed. A. Krieger y W. Saunders.

Tas, D., y Sanatani, R. P. (2023). Geo-Located Aspect Based Sentiment Analysis (ABSA) for crowdsourced evaluation of urban environments. *arXiv (Cornell University)*. https://doi.org/10.48550/arxiv.2312.12253

Taylor, M.J. (2009). Design Going Forward. En *Urban Design*. University of Minnesota Press. Ed. A. Krieger y W. Saunders.

Ter Veen, M.,(2022, 12 de julio). Data Sovereignty Now's contribution to the EU Data Act. *Data Sovereignty Now*. https://datasovereigntynow.org/2022/05/08/data-sovereignty-nows-contribution-to-the-eu-data-act%EF%BF%BC/

Tiezzi, E., Pulselli, R. M., Marchettini, N., y Tiezzi, E. (2008). Dissipative structures in nature and human systems. *Ecology and the Environment*. https://doi.org/10.2495/dn080301

Thaler, R. H., y Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth and happiness*. Yale University Press.

Tolman, E.C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological review*, 55. 189-208.

Townsend, A. M. (2013). *Smart cities: big data, civic hackers, and the quest for a new utopia*. W. W. Norton & Company.

Townsend, A. M. (2020). *Ghost Road: Beyond the Driverless car*. W. W. Norton & Company.

Unión Europea, (2016). Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE. http://data.europa.eu/eli/reg/2016/679/2016-05-04

Urban Design Lab Educations (2023). Activity mapping in urban design. *Urban Design lab*. https://urbandesignlab.in/activity-mapping-in-urban-design/

Uzzell, D., y Moser, G. (2006). Environment and quality of life. *Revue Européenne De Psychologie Appliquée*, 56(1), 1–4. https://doi.org/10.1016/j.erap.2005.02.007

Valtchanov, D. (2013, 27 de septiembre). *Exploring the restorative effects of Nature: Testing a proposed visuospatial theory*. https://uwspace.uwaterloo.ca/handle/10012/7938

Van Ooijen, C., B. Ubaldi y B. Welby (2019), "A data-driven public sector: Enabling the strategic use of data for productive, inclusive and trustworthy governance", OECD Working Papers on Public Governance, No. 33, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/09ab162c-en.

Venturi, R., Brown, D. S., & Izenour, S. (1977). *Learning from Las Vegas, revised edition: The Forgotten Symbolism of Architectural Form*. MIT Press.

Vohland, K., Göbel, C., Balázs, B., Butkevičienė, E., Δασκολιά, M., Duží, B., Hecker, S., Manzoni, M., & Schade, S. (2021). Citizen Science in Europe. In Springer eBooks (pp. 35–53). https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_3

Warden, P. (2011, 17 de mayo). *Why you can't really anonymize your data*. O'Reilly Media. https://www.oreilly.com/content/anonymize-data-limits/

West, G. (2017). *Scale: The Universal Laws of Life and Death in Organisms, Cities and Companies*. Hachette UK.

Whyte, W. H. (1980). *The Social Life of Small Urban Spaces*. Washington, DC: The Conservation Foundation.

X-Road. (2023, November 13). e-Estonia. https://e-estonia.com/solutions/interoperability-services/x-road/

Yang, Y., y Diez-Roux, A. V. (2012). Walking distance by trip purpose and population subgroups. *American Journal of Preventive Medicine*, 43(1), 11–19. https://doi.org/10.1016/j.amepre.2012.03.015

Yoshimura, Y., Kumakoshi, Y., Fan, Y., Milardo, S., Koizumi, H., Santi, P., Arias, J. M., Zheng, S., & Ratti, C. (2022). Street pedestrianization in urban districts: Economic impacts in Spanish cities. Cities, 120, 103468. https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103468

Zhang, P. (2021). *Iterate to Innovate: How Firms Strategize Design Iteration to Navigate the Uneven Landscape in the Global Mobile Application Industry* [PhD Disertation]. University of South Carolina.

Zohar, D. (1990). *The quantum self: Human Nature and Consciousness Defined by the New Physics*. William Morrow.