

GEOMETRÍA DE LA TRANSFORMACIÓN. La propuesta urbana de Leonardo da Vinci para Milán

TRANSFORMATION GEOMETRY. Leonardo da Vinci's urban proposal for Milan

Enrique Fernández-Vivancos González

doi: 10.4995/ega.2016.4736

En 1493, Leonardo da Vinci propuso un ambicioso plan para la transformación de Milán, consistente en la construcción de diez nuevas ciudades que debían resolver los problemas de hacinamiento e insalubridad de la capital lombarda. Con este proyecto, que vincula las dinámicas de crecimiento urbano con los procesos de reordenación interior, Leonardo logró alcanzar una síntesis largamente buscada entre la utopía de la ciudad ideal de nueva planta y el pragmatismo de la renovación de los núcleos medievales según los valores de la cultura humanística del Renacimiento. El presente artículo pone en relación la singular estrategia de transformación urbana propuesta por Leonardo para Milán, con sus

estudios de las estructuras formales y de los procesos formativos en el territorio. Unas investigaciones, sobre la permanencia y el cambio, que finalmente le llevaron a la formulación de una geometría de la transformación que hoy denominaríamos topología.

PALABRAS CLAVE: GEOMETRÍA. TRANSFORMACIÓN. LEONARDO DA VINCI. MILÁN

In 1493, Leonardo da Vinci proposed an ambitious plan for the transformation of Milan, consisting of the construction of ten new cities in order to solve overcrowding and insalubrity problems at the Lombard capital. With this project, which links urban growth dynamics with

interior reorganization processes, Leonardo achieved a synthesis of a long search between the utopian of the new planned ideal city and the pragmatism of the renovation of the medieval cores within the values from the humanistic culture of the Renaissance.

This article relates the singular strategy of the urban transformation proposed by Leonardo for Milan with his studies about formal structures and formation processes in territory. These investigations, about the permanency and change, finally led to the development of a transformation geometry currently known as topology.

KEYWORDS: GEOMETRY. TRANSFORMATION. LEONARDO DA VINCI. MILAN



da Vinci

La propuesta urbana de Leonardo da Vinci para Milán

Entre 1484 y 1485, periodo en el que Leonardo da Vinci trataba de ser aceptado en la turbulenta corte ducal de los Sforza, Milán fue asolada por una devastadora epidemia de peste que en pocos meses acabó con un tercio de la población y paralizó su intensa actividad comercial. En los años posteriores la ciudad fue saliendo del aislamiento y abordó un profundo proceso de renovación cuyo primer objetivo fue el de dar respuesta al hacinamiento y a la insalubridad de su centro. En dicho contexto, Leonardo comprendió la necesidad social de encontrar una solución viable a este problema urbano y la oportunidad que representaba para abordar la consolidación política, económica y cultural de Milán en la que estaba comprometida la familia Sforza desde hacía décadas (Baroni 1939, p. 255).

En una primera aproximación, fechada en 1487, propuso la construcción de una ciudad de nueva planta en línea con la tradición teórica de los tratados de Vitruvio, Alberti y Filarete. Al igual que Sforzinda, proyectada por Filarete en homenaje a Francesco Sforza (Figs. 1 y 2), inicialmente la ciudad ideal de Leonardo se situaba junto a un río y su base era de tipo geométrico. En su caso se trataba de un emplazamiento de planta rectangular junto al Ticino, organizada a partir de una retícula ortogonal con un canal central conectado con dicho río (Fig. 3). Una propuesta que hacía referencia a su conocido esquema de canales y calles peatonales en dos niveles, sistema que permitía dar respuesta a las necesidades derivadas de la movilidad, resolvía eficazmente la distribución y el almacenamiento

de mercancías, solucionaba los problemas de insalubridad, devolvía a la ciudad las actividades productivas que dependían del agua y recuperaba ocupaciones relegadas como la pesca o los huertos urbanos (Fig. 4).

En base al estudio de esta sección y volviendo a la planta se puede observar que ésta se conformaba mediante dos retículas superpuestas a distinto nivel, una inferior destinada a los canales que dividen el conjunto en dieciséis manzanas y otra superior de uso peatonal que subdividen estas últimas en cuatro. Este esbozo inicial sirvió como punto de partida para abordar el estudio de las condiciones de regulación del caudal impuestas por el movimiento del agua en base a los cambios de nivel del terreno, lo que finalmente transformó el carácter isotrópico de la trama ortogonal en una organización ramificada que demandaba un emplazamiento preciso. Si Sforzinda representa el momento de la historia en que una referencia geográfica concreta se transforma en un esquema abstracto (Benevolo 1981, p. 218), en la investigación de Leonardo sobre la ciudad podemos ver el recorrido inverso que nos devuelve a lo específico.

Tres años más tarde, en 1490, Leonardo cambió sustancialmente de enfoque y centró sus esfuerzos en abordar un inédito levantamiento topográfico de Milán. El objetivo era la elaboración de un plano general de la ciudad a partir de una recopilación cartográfica que sería completada mediante un ambicioso programa de mediciones del centro, de los núcleos de población periféricos, de los edificios institucionales y del sistema de canales. Este estudio que encierra el misterio de los documentos desaparecidos en el tiempo, tiene su reflejo en

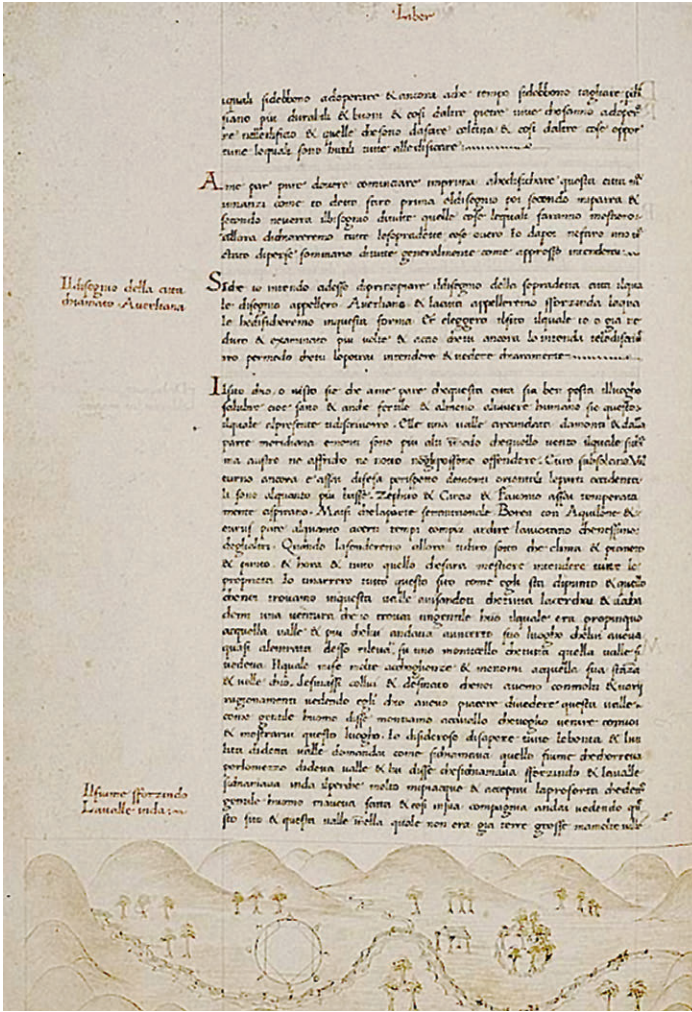
Leonardo da Vinci's urban proposal for Milan

Between 1484 and 1485, period in which Leonardo da Vinci tried to be accepted in the turbulent ducal court of the Sforza, Milan was ravaged by a devastating epidemic of plague that in few months erased a third of its population and paralyzed its intense commercial activity. On the next years, the city started to get out of the isolation and approached a deep renovation process which first aim was to give response to the overcrowding and insalubrity of its core. In this context, Leonardo understood the importance to find a solution to this urban problem and the opportunity that emerged to approach the politic, urban, economic and cultural consolidation of Milan in which the Sforza family was committed since decades. (Baroni 1939, p. 255). In a first approach, dated in 1487, he proposed the construction of a city of new plant within the line of the theoretical tradition from the treaties of Vitruvio, Alberti and Filarete. As in Sforzinda, projected by Filarete in tribute to Francesco Sforza (Fig. 1 & 2), initially Leonardo's ideal city was placed by a river and its base was of a geometrical type. In this case it was an emplacement of rectangular base by the Ticino River, organized by an orthogonal reticule with a central canal connected to this river (Fig. 3). A proposal that made reference to his famous scheme of canals and pedestrian streets at two levels; system which permitted to give response to the necessities derived from the mobility, resolving effectively the distribution and the storage of goods, also solving insalubrity problems and returned to the city the productive activities which depended on water and restored relegated occupancies such as fishing and urban orchards (Fig. 4).

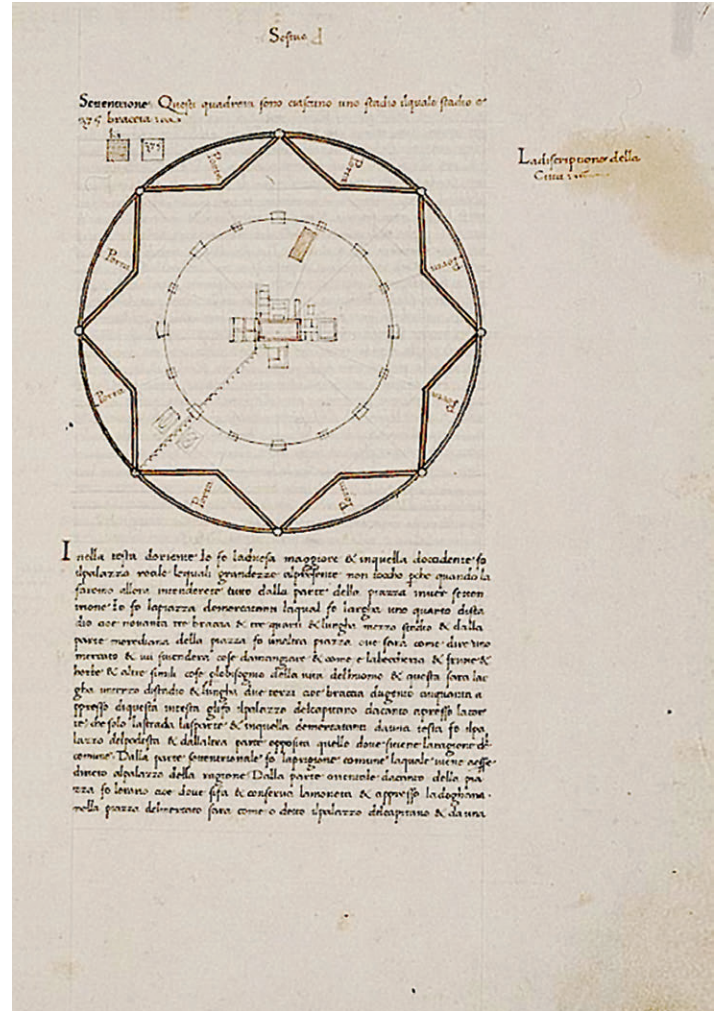
In base to the study of this section and returning to the plant, it can be observed that it was formed by two reticules overlapped at different levels, one inferior focused on the canals that divided the set into sixteen blocks and another superior for pedestrian use that subdivides the latter into four. This initial outline served as starting point to approach the study of the canal regulation conditions imposed by the water movement based on the terrain level changes that finally transformed the isotropic nature of the orthogonal base in a branched organization that demanded a precise site. If Sforzinda represented a moment in history in which a specific geographical reference transforms to an abstract scheme (Benevolo 1981, p. 218), on Leonardo's city's research we can follow the inverse

1. Antonio Filarete. Trattato d'architettura. Codex Magliabechiano, Biblioteca Nazionale Centrale, Firenze: a140011v fol. 5
 2. Antonio Filarete. Trattato d'architettura. Codex Magliabechiano, Biblioteca Nazionale Centrale, Firenze: a140043r fol. 21

1. Antonio Filarete. Trattato d'architettura. Codex Magliabechiano, Biblioteca Nazionale Centrale, Firenze: a140011v fol. 5
 2. Antonio Filarete. Trattato d'architettura. Codex Magliabechiano, Biblioteca Nazionale Centrale, Firenze: a140043r fol. 21



1



2

path that returns us to the specific. Three years later, in 1490, Leonardo changed substantially focus and concentrated his efforts on approaching an inedit topographic survey of Milan. The aim was to elaborate a general plan of the city from a cartographic recompilation that would be completed by an ambitious measurement program of the core, the peripheral urban cores, the institutional buildings and the canal systems. This research which encloses the mystery of missing documents in time is reflected in a drawing of 1508-1510 (Fig. 5), in which is located with precision the perimeter moat and the principal accesses determined by Milanese braccio units the distance between them. The scheme is

un dibujo de 1508-1510 (Fig. 5), en el que se emplazan con precisión tanto el foso perimetral como los principales accesos y se determina en brazas milanesas la distancia existente entre ellos. El esquema se complementa con una vista donde se distingue el Castello Sforzesco, la catedral en construcción, las principales iglesias, la muralla, los puentes y los asentamientos extramuros. Aún estando basado en la recogida objetiva de datos, la elaboración de este plano refleja una

clara intención propositiva vinculada a la reorganización de la ciudad según un modelo concéntrico que debía gravitar en torno a un nuevo centro urbano situado en el encuentro de los dos canales principales, con el Duomo como punto focal de la gran plaza que ya se estaba ejecutando.

A partir de las conclusiones derivadas de las dos experiencias anteriores, en 1493 Leonardo da otro giro a su proyecto para Milán al formular una síntesis entre la idea inicial de una

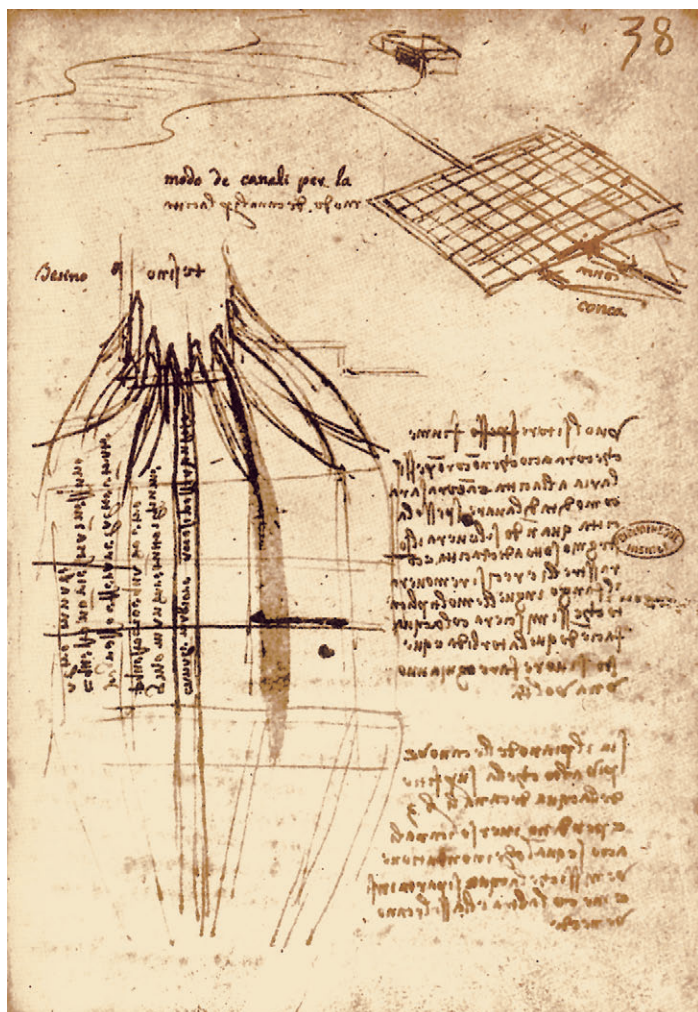


3. Leonardo da Vinci. Estudios urbanísticos y de canalizaciones. Biblioteca del Instituto de Francia, Paris. Manuscrito B, fol. 38r

4. Leonardo da Vinci. Estudios de una ciudad en varios planos. Biblioteca del Instituto de Francia, Paris. Manuscrito B, fol. 16r

3. Leonardo da Vinci. Canals and urbanistic studies. Bibliothèque de l'Institut de France, Paris. Manuscrito B, fol. 38r

4. Leonardo da Vinci. City studies in several plans. Bibliothèque de l'Institut de France, Paris. Manuscrito B, fol. 16r



3



4

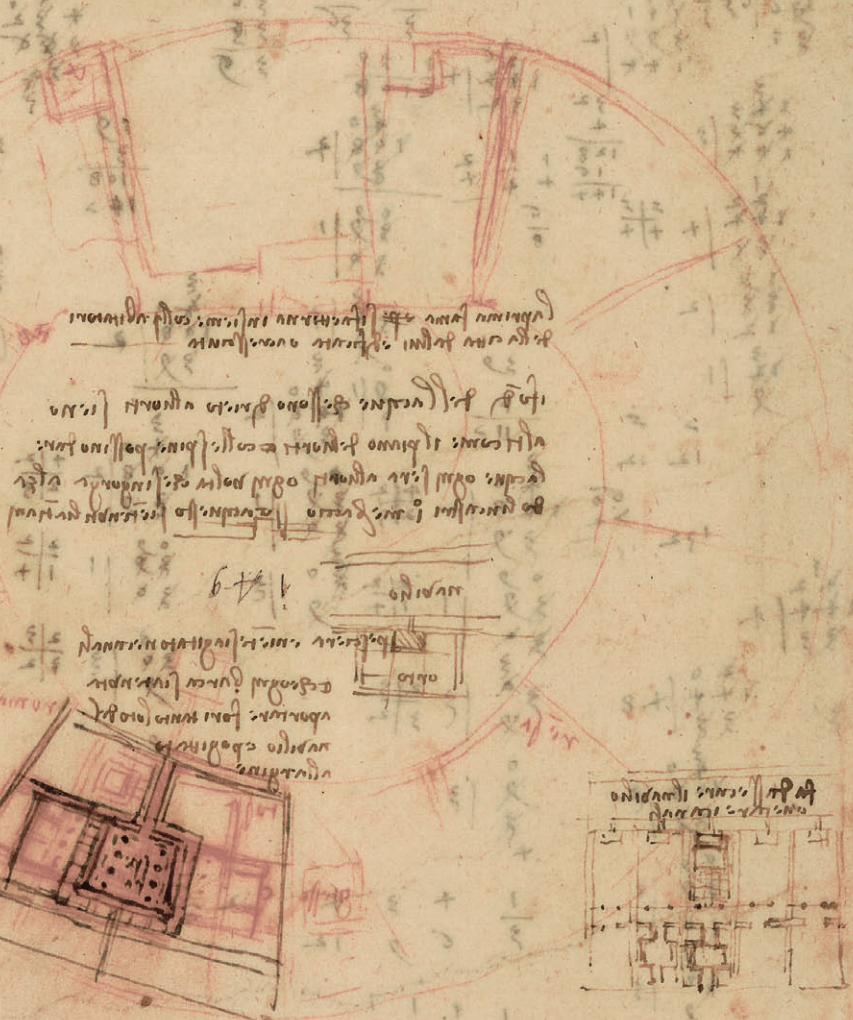
ciudad de nueva planta y la remodelación del núcleo urbano que estaba siendo impulsada por la aristocracia lombarda. Esta nueva aproximación se concretaba en la propuesta de construcción de diez nuevas ciudades que se emplazarían extramuros entre los principales ejes de acceso. Todo el plan queda descrito en un dibujo (fig. 6), que pese a su extraordinario esquematismo permite comprender con precisión el alcance y la estrategia de la intervención. En él, desciende de

una forma progresiva y sistemática desde la escala del conjunto urbano a la escala de la vivienda, describiendo una elaborada estructura urbana que ofrecía una capacidad de alojamiento equivalente a toda la población de Milán de aquellos años, como el propio Leonardo aclara en las anotaciones manuscritas: “Diez ciudades cinco mil casas con treinta mil viviendas, y dispersarás la aglomeración de personas que ... llenan todos los rincones con su hedor y siembran semillas de

complemented with a view which distinguishes Castello Sforzesco, the cathedral under construction, the principal churches, the battlement, bridges and extramural settlements. Although being based on the objective data recompilation, the elaboration of this map reflects a clear positive intention linked to the reorganization of the city to an concentric pattern that must be related to a new urban core laid at the intersection of the two principal canals, with the Duomo as the big square's focal point that was already being executed. From the conclusions derived from both previous experiences, in 1493 Leonardo gives another turn to his project for Milan as he formulates a synthesis between the initial idea of a new city plan and the

Handwritten text in red ink at the top of the page, possibly a title or introductory notes.

Vertical column of handwritten text on the left side of the page, written in black ink.



Block of handwritten text in black ink, positioned in the center of the page, overlapping the diagram.

Large block of handwritten text at the bottom of the page, written in black ink.



reshuffle of the urban core that was being driven by the Lombard aristocracy. This new approach was being concretized in the proposal of the construction of ten new cities that would be placed outside the wall between the principal access axes. The entire plan is described in a sketch (Fig. 6), that although it extremely schematic it permits to understand with precision the strategy and extend of the intervention. In it, it descends in a progressive and systematic way from the scale of the urban set to the scale of the housing, describing an elaborate urban structure that offers the capacity of accommodation equivalent to the entire population of Milan on those years, as Leonardo himself explains on his written annotations: "Ten cities, five thousand houses with thirty thousand homes, and will disperse the agglomeration of people that . . . fill all the corners with their stench and sow seeds of pestilence and death." (Vinci; quoted in Pedretti 1994, p. 63).

In a first level he draws with sanguine chalk the peripheral area of Milan through two concentric circles, between them he defines the position of the main doors and routes of entry to the city, as well as the most significant preexistent architectures. The result is a first sector corresponding to the ten urban units proposed developing in black chalk, the situated between Porta Tosa and Porta Romana.

This urban unit it is organized around a central piazza, as a market square connected with the primary network of canals and pedestrian streets at two levels, which produces a first separation of the complex in six residential areas which subdivision in blocks is described by a small scheme on the middle of the paper. In a bigger scale he develops one of these blocks in a drawing where can be appreciated the interior organization of five residential buildings in relation to rear orchard located at the same level of the canal. Every single one of them, would split into two parts grouped around a communal courtyard and equipped with independent stairs giving access to six houses spread on three floors, repeating with this at a domestic scale the same central model proposed for the set of the city **1**.

Finally, Leonardo proposed to Ludovico Sforza, the experimental construction of one of these units, as "pilot project" (Pedretti 1994, p. 57) as the ones he used to create for the development of his mechanical inventions. But this city was not only intended for analysis of technical and economical



7

pestilencia y muerte" (Vinci; citado en Pedretti 1994, p. 63).

En un primer nivel dibuja con lápiz rojo el área periférica de Milán mediante dos círculos concéntricos entre los que define la posición de las puertas y de las vías de entrada a la ciudad, así como de las arquitecturas preexistentes más significativas. De ello resulta una primera sectorización correspondiente a las diez unidades urbanas propuestas

de las que desarrolla, diferenciándola en lápiz negro, la situada entre la Porta Tosa y la Porta Romana.

Dicha unidad urbana se organiza en torno a un espacio central porticado a modo de plaza del mercado conectada con la red primaria de canales y de calles peatonales a dos niveles, lo que da lugar a una primera separación del conjunto en seis áreas residenciales cuya subdivisión en manzanas se



8

Páginas anteriores:

5. Leonardo da Vinci. Plano esquemático de Milán. Biblioteca Ambrosiana, Milán. Códice Atlántico, fol. 199v/73v-a

6. Leonardo da Vinci. Proyecto piloto para la expansión de Milán. Biblioteca Ambrosiana, Milán. Códice Atlántico, fol. 184v

Previous pages:

5. Leonardo da Vinci. Schematic plan of Milan. Biblioteca Ambrosiana, Milan. Codice Atlantico, fol. 199v/73v-a

6. Leonardo da Vinci. Pilot Project for the expansion of Milan. Biblioteca Ambrosiana, Milan. Codice Atlantico, fol. 184v

7. Leonardo da Vinci. Tormenta sobre un valle en las estribaciones de los Alpes. Royal Library, Windsor. 12409r

8. Leonardo da Vinci. Canal del Arno. Royal Library, Windsor. 12279r

7. Leonardo da Vinci. Storm over a valley in the foothills of the Alps. Royal Library, Windsor. 12409r

8. Leonardo da Vinci. Arno Canal. Royal Library, Windsor. 12279r

describe mediante un pequeño esquema situado en el centro del folio. Ya a una escala mayor se desarrolla una de estas manzanas en un dibujo en el que se aprecia la organización interior de cinco edificios de viviendas en relación con los huertos traseros situados a la cota del canal. A su vez, cada uno de ellos quedaría dividido en dos partes agrupados en torno a un patio comunal y dotados con escaleras independientes que darían acceso a seis viviendas repartidas en tres plantas, repitiendo así a escala doméstica el mismo modelo central propuesto para el conjunto de la ciudad ¹.

Finalmente, Leonardo propuso a Ludovico Sforza la construcción experimental de una de estas unidades, a modo de un “proyecto piloto” (Pe-

difficulties of its execution, but it constituted an essential element in its conception of how these urban transformations must be approached. What really Leonardo formulates is a sequenced process consistent in the progressive transfer of part of the overcrowding population and the attraction of the peripheral area inhabitants, with the aim of achieving physical space and financial resources necessary to commit the internal reform required. With Leonardo, the ideal city becomes experimental allowing for the temporary and the unexpected.

In his particular synthesis, Leonardo proposes a conception of the city in which he links the processes of reorganization of urban cores with its proper dynamics of growth. A novelty strategy that unifies both urban dominant discourses during Renaissance: the interior reorganization within the parameters of the humanistic culture and the new plan of the ideal city (Benevolo 1981); making it compatible with the pragmatism in which is based the first one with utopian nature of the second one. After a long search Leonardo achieves a synthesis



basing on the concept of transformation where the permanency and change stay closely related. In the urban ambit the first one manifests through the centrality that organizes invariably, from the big to the small, to every scale of the city; whereas the second one is built by means of the comprehension of the necessities derived from the growth and renovation.

Transformation geometry

The singular view that Leonardo used on his proposal for Milan can be framed on the initial moments of a wider investigation about permanency and change that led him to establish, from an approximation outside the urban speech of his time, a relation between reorganization of the city and the structured organization of its growth. An inedit formulation that emerges from the analogies with the ones he explored the validity of the principles that ruled the transformation phenomena, previously analyzed in other ambits such as anatomy, botanic or geology.

This would be the case of numerous drawings and texts such as *Painting Treaty* (Vinci 2013), where Leonardo approached the study of landscape analyzing aspects that remits to the temporary or intangible through elements such as rain, wind, fog or air density. In them, he broke apart from reality to formulate a conceptual model with which visually explained the behavior of a specific geographic environment, frequently a valley (Fig. 7). Leonardo captures with precision that, in this ambit, the erosion and sedimentation are complementary phenomena from the same geological dynamics forming the territory which made him take interest on the analysis of the forces that impulse these formative processes. To these belong his famous series of the *Floods* and also his numerous drawings about rockfalls, floods, and fallen trees by the effect of the storms. Through the study of these dynamics and from an empiric observation of a mass no compressible such as water that can adopt several settings, Leonardo could propose a general principle about transformation based in the volume conservation and shape variation which he expressed with the following words: "The space that occupies everything that moves is so big as the space that leaves behind" (Vinci; quoted in Capra 2008, p. 262).

In the frame of this investigation, Leonardo widened the study ambit through his cartographic designs, going through the fluvial valley to the watershed of the rivers such as Arno or Tiber, that

dretti 1994, p. 57) como los que solía elaborar para el desarrollo de sus ingenios mecánicos. Pero este prototipo no sólo estaba destinado al análisis de las dificultades técnicas y económicas de su ejecución, sino que constituía un elemento esencial en su concepción de cómo debían abordarse las transformaciones urbanas. Lo que en realidad formula es un proceso secuenciado consistente en el traslado progresivo de una parte de la hacinada población del centro, con el objetivo de conseguir el espacio físico y los recursos financieros necesarios para acometer la necesaria reforma interior. Con Leonardo la ciudad ideal se torna experimental dando cabida a lo temporal y a lo imprevisto.

En su particular síntesis, Leonardo propone una concepción de la ciudad en la que se vinculan los procesos de reordenación de los centros urbanos con sus propias dinámicas de crecimiento. Una novedosa estrategia con la que logra reunir los dos discursos urbanos dominantes durante el Renacimiento: la reorganización interior según los parámetros de la cultura humanística y la ciudad ideal de nueva planta (Benevolo 1981); haciendo compatible el pragmatismo en el que se fundamenta la primera con el carácter utópico de la segunda. Tras una larga búsqueda Leonardo logró formular esta síntesis basándose en un concepto de transformación donde la permanencia y el cambio quedan estrechamente relacionados. En el ámbito de lo urbano la primera se manifiesta a través de una centralidad que organiza invariablemente, de lo grande a lo pequeño, todas las escalas de la ciudad; mientras que la segunda es incorporada mediante la comprensión de las necesidades derivadas del crecimiento y de la renovación.

Geometría de la transformación

El singular enfoque que Leonardo utilizó en su propuesta para Milán se puede enmarcar en los momentos iniciales de una investigación más amplia sobre la permanencia y el cambio que le permitió establecer, desde una aproximación ajena al discurso urbano de su época, una relación entre la reordenación de la ciudad y la organización estructurada de su crecimiento. Una formulación inédita que surge de las analogías con las que exploraba la validez de los principios que rigen en los fenómenos de transformación, analizados previamente en otros ámbitos como la anatomía, la botánica o la geología.

Este sería el caso de los numerosos dibujos y textos como el *Tratado de Pintura* (Vinci 2013), en los que Leonardo abordó el estudio del paisaje analizando aspectos que remiten a lo temporal o a lo intangible por medio de elementos como la lluvia, el viento, la niebla o la densidad del aire. En ellos, se apartaba de la realidad para formular un modelo conceptual con el que explicaba visualmente el funcionamiento de un determinado entorno geográfico, frecuentemente un valle (Fig. 7). Leonardo capta con precisión que, en este ámbito, la erosión y la sedimentación son fenómenos complementarios de una misma dinámica geológica que conforma el territorio, y eso le llevó a interesarse por el análisis de las fuerzas que impulsan estos procesos formativos. A estos pertenecen su célebre serie de los *Diluvios* y también sus numerosos dibujos sobre desprendimientos de rocas, riadas o derribos de árboles por efecto de las tormentas. Mediante el estudio de estas dinámicas y a partir de la observación empírica de que una masa no compresible como

9. Leonardo da Vinci. Estudios de geometría, nubes y plantas. Royal Library, Windsor. R.L. 12283

9. Leonardo da Vinci. Plants, clouds and geometry studies. Royal Library, Windsor. R.L. 12283

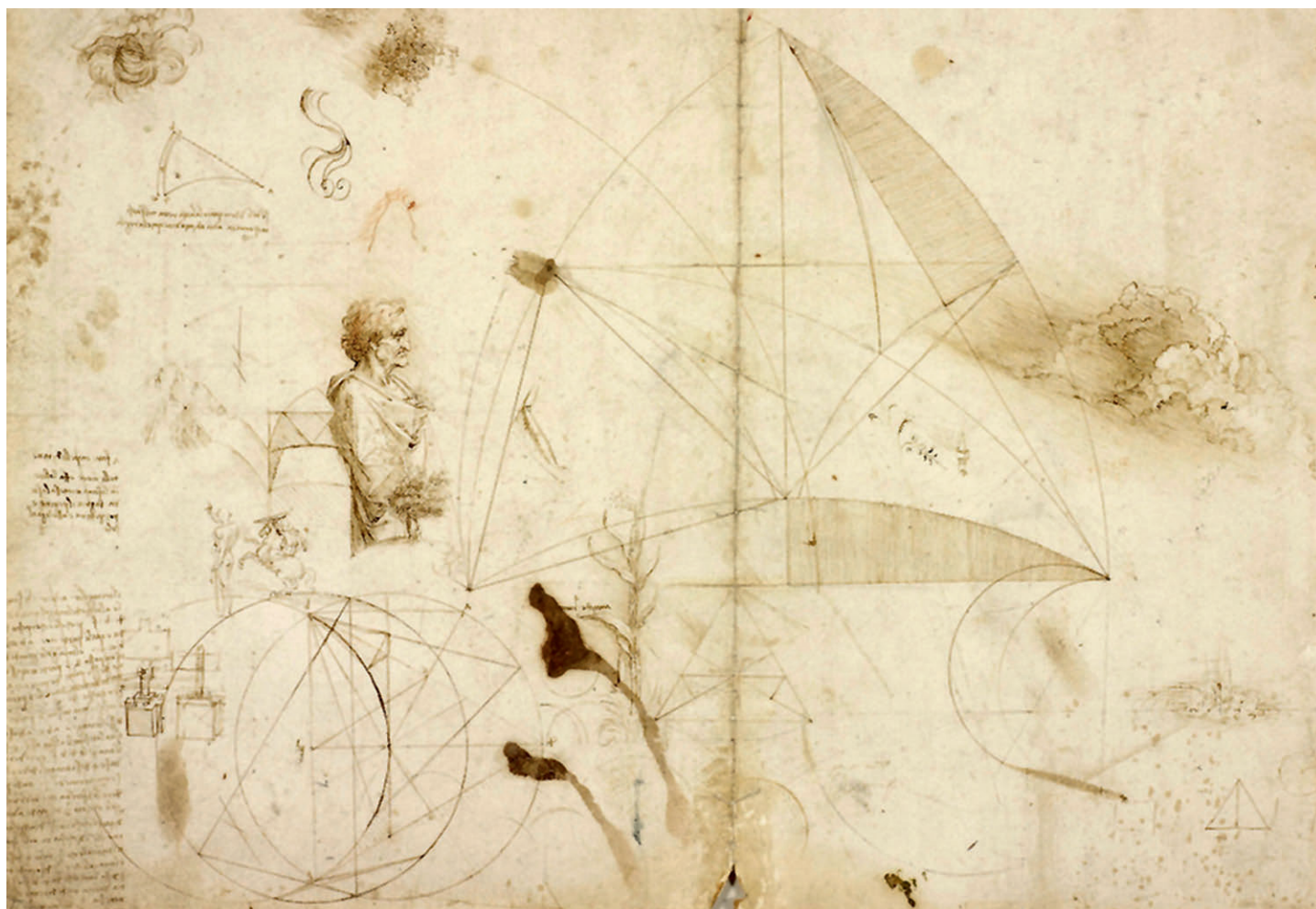
el agua puede adoptar innumerables configuraciones, llegó a proponer un sencillo principio general de la transformación basado en la conservación del volumen y la variación de la forma que expresó con las siguientes palabras: “El espacio que ocupa todo lo que se mueve es tan grande como el espacio que deja atrás” (Vinci; citado en Capra 2008, p. 262).

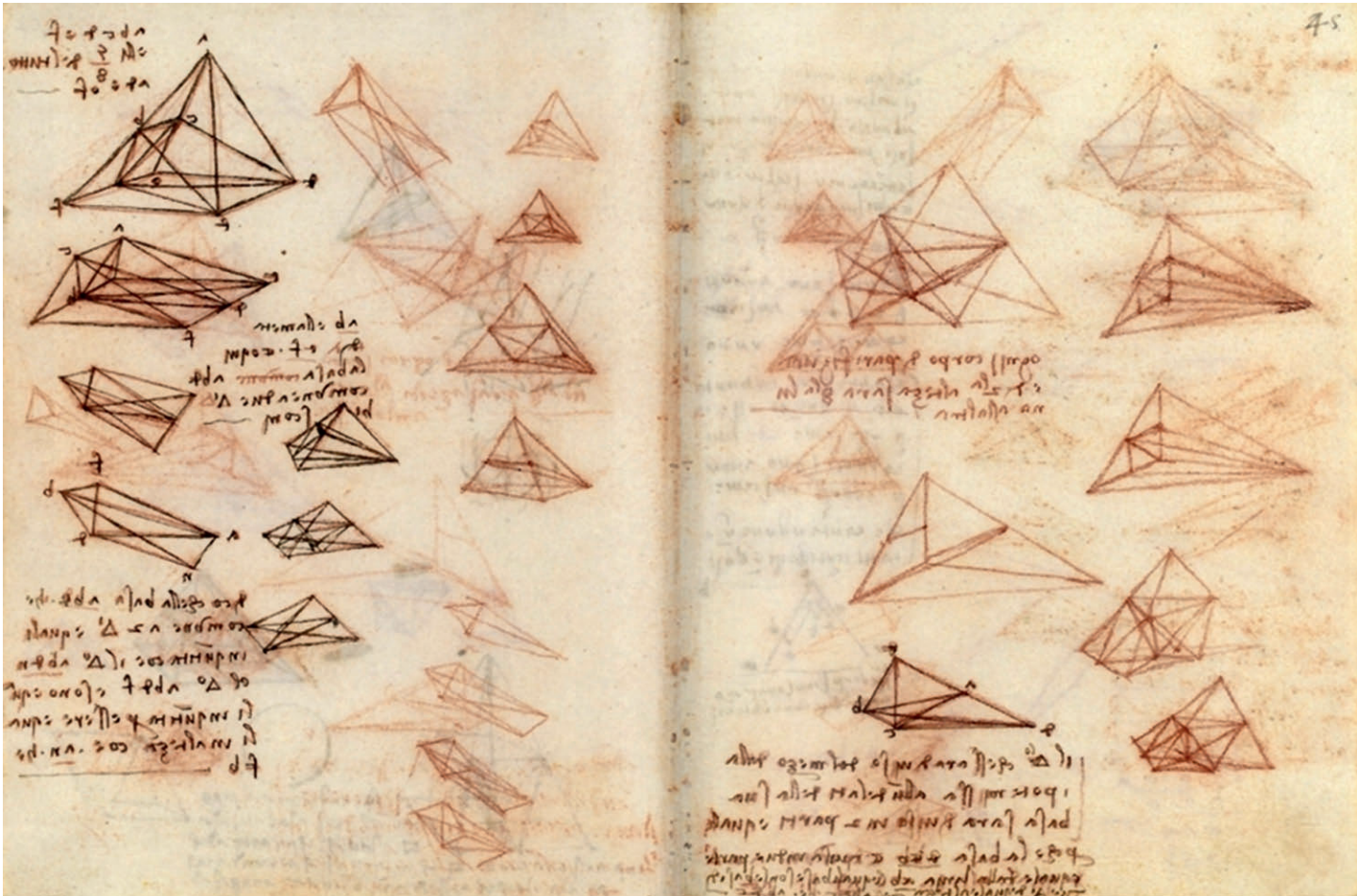
En el marco de esta investigación, Leonardo amplió el ámbito de estudio mediante sus dibujos cartográficos, pasando del valle fluvial a la cuenca hidrográfica de ríos como el

Arno o el Tiber, que fueron analizados a través de levantamientos topográficos vinculados al desarrollo de proyectos con finalidad civil o militar (fig. 8). En ellos se prestaba especial atención al proceso geológico de modelado en la escala regional debido al efecto erosivo de las torrenteras y al carácter variable de bancos de sedimentos o de las zonas inundables (Zöllner 2012). Así, el agua se convertía en el nexo entre el territorio y la ciudad del que se podían extraer los conceptos básicos de flujo, continuidad y temporalidad que regirían

were analyzed by topographic surveys linked to the development of the project with civil and military aims (fig.8). In them he took special attention to the modeling geological processes in a regional scale as result of the erosive effect of streams and to the variable nature of the sediment banks or flood zones (Zöllner 2012). So, the water became a nexus between territory and city from which can be extracted the basic principles of flux, continuity and temporality that ruled both. But the transfer of the natural phenomena description to the technical development of his proposals required more precise knowledge tools so finally, in his last years; he made the approach to concentrate all these reflections in the transformation geometry.

Like most projects, the intention of Leonardo to make recompilation in a treaty, titled *De ludo*





10

geometrico 2, the results of his research on transformation geometry never was achieved. These studies had as aim the formulation of a mathematical language with the one he could go forward in his reflections about the dynamic process complexity. Finally, Leonardo focused his research to the development of a transformation concept related to those changes in shape upon the maintenance of the area or volume and also its fundamental properties. Fritjof Capra (2008, p. 271) argues that three hundred years before the “geometría situ” by Leibniz and five hundred years before Poincaré’s studies, Leonardo set forth a primitive way of what latter would be known as topology, a field he explored by the systematic drawings of transformations possibilities of plane and volumetric shapes. Among the first, included his attempt to square the circle in which he used progressive subdivision methods to sectors increasingly smaller (Fig. 9) that after were reorganized in a square anticipating, as Matilde Macagno says (1995), the idea of limit and infinitesimal calculation. Among the second he developed two Basic procedures: one based in the decomposition and

en ambos. Pero el paso de la descripción de los fenómenos naturales al desarrollo técnico de sus propuestas requería de herramientas de conocimiento más precisas por lo que finalmente, en sus últimos años, abordó el intento de concretar todas estas reflexiones en una geometría de la transformación.

Como la mayor parte de sus proyectos, la intención de Leonardo de recopilar en un tratado, titulado *De ludo geometrico 2*, los resultados de sus investigaciones sobre una geometría de la transformación nunca llegó a concretarse. Estos estudios tenían como objetivo la formulación de un lenguaje matemático con el que poder avanzar en sus reflexiones sobre la complejidad de los procesos dinámicos. Finalmente, Leonardo orientó su investigación hacia el desarrollo

de un concepto de transformación continua referida a aquellos cambios de forma en los que se conserva el área o el volumen y en la que mantiene sus propiedades fundamentales. Fritjof Capra (2008, p. 271) sostiene que, trescientos años antes de la “geometría situ” de Leibniz y quinientos antes de los estudios de Poincaré, Leonardo enunció una forma primitiva de lo que más tarde se conocería como topología, un campo que exploró mediante el dibujo sistemático de las posibilidades de transformación de formas planas y volumétricas

Entre las primeras se incluye su intento de cuadratura del círculo en el que utilizó un método de subdivisión progresiva en sectores cada vez más pequeños (Fig. 9) que posteriormente eran reordenados en un cuadrado



10. Leonardo da Vinci. Estudios de geometría. Biblioteca Nacional, Madrid. Códice Madrid II, fol. 44v-45r

10. Leonardo da Vinci. Geometry studies. Biblioteca Nacional, Madrid. Códice Madrid II, fol. 44v-45r

anticipando, como señala Matilde Macagno (1995), la idea de límite y del cálculo infinitesimal. Para las segundas desarrolló dos procedimientos básicos: uno estaría basado en la descomposición y posterior reconstrucción con otra forma de un volumen prismático (Fig. 10); el otro estaría basado en la transformación continua de cuerpos sólidos rectilíneos en otros curvilíneos, de igual volumen, que se convertirían en su mejor aproximación a los flujos rotacionales en el agua y en el viento.

Con la geometría de la transformación, Leonardo intentaba dotarse de una herramienta operativa con la que poder profundizar en su investigación sobre los fenómenos naturales. Una pretensión que se fundamentaba en la posibilidad de establecer analogías entre el microcosmos y el macrocosmos, extrapolando a lo grande propiedades observadas en el ámbito de lo pequeño y viceversa. Fue precisamente este esfuerzo por encontrar en el territorio, en la geometría del lugar **3**, los principios que rigen sobre la permanencia y el cambio lo que le permitió estructurar su propuesta para Milán en base a los elementos invariables del sitio y al mismo tiempo definir un proceso formativo, consistente en la construcción de diez nuevas ciudades, que respondía al carácter variable de las necesidades sociales, económicas y culturales implícitas en toda renovación urbana. Propuesta que Lewis Mumford (1945, p. 449) citaba como precursora del proceso de transformación de la deshumanizada ciudad industrial que sería formulado por Ebenezer Howard, cuatro siglos más tarde, bajo el nombre de la ciudad-jardín. ■

Notas

1 / Interpretación en base al dibujo: Paris, Biblioteca del Instituto de Francia, Manuscrito B, folio: 16r; y a los textos del: Milán, Biblioteca Ambrosiana, Códice Atlántico, Folio 65v-b.

2 / Leonardo propuso varios nombres para este tratado: *Tratado sobre cantidades continuas*, *Libro de las ecuaciones* y *De ludo geometrico*. Este último es título de un doble folio del Códice Atlántico donde se recoge un compendio de sus transformaciones topológicas. Milán, Biblioteca Ambrosiana, Códice Atlántico, Folio 455.

3 / En referencia a la “geometría situ” de Leibniz, quien a finales del siglo XVII trató de identificar las propiedades básicas de las figuras geométricas.

Referencias

- BARONI, C., et al., 1939. *Leonardo da Vinci*. Novara: Istituto Geografico de Agostini.
- BENEVOLO, L., 1981. *Historia de la arquitectura del Renacimiento*. Barcelona: Gustavo Gili.
- CAPRA, F., 2008. *La ciencia de Leonardo. La naturaleza profunda de la mente del gran genio del Renacimiento*. Barcelona: Anagrama.
- MACAGNO, M., 1995. Transformation Geometry in the Manuscripts of Leonardo da Vinci. *Raccolta Vinciana*, Fasc. XXVI.
- MUMFORD, L., 1945. *La cultura de las ciudades*. Buenos Aires: Emecé.
- PEDRETTI, C., 1994. *Leonardo architetto*. Milano: Electa.
- VINCI, L., 2013. *Tratado de Pintura*. Madrid: Alianza.
- ZÖLLNER, F., 2012. *Leonardo da Vinci. Obra pictórica completa y obra gráfica*. Köln: Taschen.

posterior reconstruction with another prismatic volume shape (Fig. 10); the other based in the continuous transformation from rectilinear solid bodies to curvilinear, of same volume, that would be converted in a better approximation to the rotational fluxes of water and wind.

With the transformation geometry, Leonardo tried to achieve an operative tool with which he could go forward in his research about natural phenomena. A pretension that has its bases on the possibility to establish analogies between microcosms and macrocosms, extrapolating from the big properties observed in the smaller scope and the other way round. It was precisely this effort of researching in the nearby, the site geometry **3**, the principles that ruled upon the permanence and change which permitted to structure is proposal for Milan in base to the site's invariable elements, and at the same time define a formative process, that consisted in the construction of ten new cities, which responded to the variable nature of the social, economical and cultural necessities, implicit in every urban renovation. Proposal that Lewis Mumford (1945, p. 449) quoted as precursory of transformation process of the dehumanized industrial city, which would be formulated by Ebenezer Howard, four centuries after, under the name of garden-city. ■

Notes

1 / Interpretation on basis to drawings: Paris, Bibliothèque de l'Institut de France, Manuscript B, folio: 16r; and the texts from: Milan, Biblioteca Ambrosiana, Codice Atlantico, Folio 65v-b.

2 / Leonardo proposed several names for this treaty: *Continuous Quantities Treaty*, *Equation Book* and *De ludo geometrico*. This last title is a double page from: Codice Atlantico where he compiles a compendium of his topological transformations. Milan, Biblioteca Ambrosiana, Codice Atlantico, Folio 455.

3 / In relation to “geometria situ” by Leibniz, who in the late s. XVII tried to identify the basic properties of geometric figures.

References

- BARONI, C., et al., 1939. *Leonardo da Vinci*. Novara: Istituto Geografico de Agostini.
- BENEVOLO, L., 1981. *Historia de la arquitectura del Renacimiento*. Barcelona: Gustavo Gili.
- CAPRA, F., 2008. *La ciencia de Leonardo. La naturaleza profunda de la mente del gran genio del Renacimiento*. Barcelona: Anagrama.
- MACAGNO, M., 1995. Transformation Geometry in the Manuscripts of Leonardo da Vinci. *Raccolta Vinciana*, Fasc. XXVI.
- MUMFORD, L., 1945. *La cultura de las ciudades*. Buenos Aires: Emecé.
- PEDRETTI, C., 1994. *Leonardo architetto*. Milano: Electa.
- VINCI, L., 2013. *Tratado de Pintura*. Madrid: Alianza.
- ZÖLLNER, F., 2012. *Leonardo da Vinci. Obra pictórica completa y obra gráfica*. Köln: Taschen.