

Propuesta metodológica para el estudio de las redes del sistema urbano. Aproximaciones espaciales desde la Complejidad.

Catalina Lozano^(*)

Diana Maldonado^(**)

Gerardo Vázquez Rodríguez^(***)

Resumen: Las redes urbanas pueden concebirse como sistemas complejos dinámicos constituidos por una multiplicidad de elementos y nodos que operan en distintos ámbitos —social, espacial, económico, político, tecnológico y ecológico, entre otros— y que mantienen una interacción constante entre sí, configurando una organización estructural específica. En este sentido, frente a una crisis o situación de inestabilidad, es posible que la emergencia de comportamientos adaptativos asegure la continuidad y permanencia del sistema dentro de la red.

Estas redes urbanas no solo se pueden representar a partir de su infraestructura física y su conectividad material, sino también mediante los tejidos de relaciones e interacciones que se establecen entre seres vivos, elementos biológicos, símbolos y dinámicas de funcionamiento, los cuales configuran el territorio en el que se inscriben. Así, desde este enfoque, la ciudad se puede comprender como un sistema de conexiones complejas dotada de la capacidad de reorganización frente a las crisis que enfrenta, generando nuevas configuraciones no solo espaciales, sino también sociales, a través de procesos de autoorganización. Por lo tanto, el estudio de las redes urbanas desde la teoría de la complejidad ofrece herramientas conceptuales y metodológicas que facilitan el análisis de los procesos de crecimiento, resiliencia y transformación del espacio urbano. A partir de este marco, surge la propuesta de una herramienta metodológica orientada a la identificación y comprensión de acciones dentro del sistema urbano, que permitan la conexión, desconexión o reconexión de nodos o elementos específicos en una red. Dicha herramienta busca propiciar un acercamiento hacia una ciudad sostenible, sustentada en una aproximación espacial desde la complejidad y en el desarrollo de una red orientada a la vida inteligente, capaz de adaptarse y evolucionar frente a las transformaciones del entorno.

Palabras clave: Sistema Urbano - Geografía Urbana - Redes Espaciales - Complejidad

[Resúmenes en inglés y portugués en las páginas 285-286]

(*) Doctorante en el programa de Doctorado en Filosofía con Orientación en Arquitectura y Asuntos Urbanos de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Profesora en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Monterrey (UDEM). México. catalina.lozano@udem.edu, catalinalozano23@gmail.com

(**) Doctora en Arquitectura por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Profesora-Investigadora en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Investigadora Nacional CONAHCYT SNII Nivel I. <https://orcid.org/0000-0003-3275-8302?lang=en> diana.maldonadofl@uanl.edu.mx, diana@maldonado.org.mx

(***) Doctor en Arte por la Universidad Autónoma de Barcelona. Profesor-Investigador en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Investigador Nacional CONAHCYT SNII Nivel II. <https://orcid.org/0000-0002-7076-8790> gerardo.vazquezrd@uanl.edu.mx, gerardo7vazquez@gmail.com

Introducción

La comprensión de la ciudad contemporánea requiere nuevas aproximaciones para su estudio, los avances teóricos en ámbitos como el urbano, espacial, de la complejidad y de sistemas, han permitido que se replanteen las metodologías con las cuales se analiza el fenómeno urbano, reconociendo una interconexión de múltiples elementos dinámicos en diferentes ámbitos como el social, espacial, económico, ambiental y tecnológico, entre otros.

Desde el ámbito urbano, esta perspectiva ampliada permite reconocer que la ciudad puede entenderse como una entidad viva y en constante transformación, que emerge a partir de las múltiples interacciones entre sus elementos, sustentada en un flujo de información determinado, lo que posibilita el análisis a partir de sus patrones de comportamiento.

Desde la perspectiva de las redes abordándolas desde la complejidad, se abren posibilidades para estudiar y comprender la organización y comportamiento del sistema urbano, evidenciando diversas lógicas de conexión que sustentan la vida urbana.

En este contexto, se realiza la propuesta de una herramienta metodológica que contextualiza y vincula conceptos de la física como disciplina, con el espacio y la búsqueda de conexiones ideales en el análisis de redes geográficas y elementos que se interconectan en las mismas.

La intención es facilitar la comprensión de la estructura y el comportamiento de las ciudades contemporáneas, por lo cual en esta investigación se presenta la propuesta de una herramienta metodológica que relaciona la lógica de redes con la lógica espacial, entendiendo la ciudad como un sistema que se encuentra en continua transformación.

De esta manera, se busca aportar esta herramienta para analizar y visualizar diferentes relaciones entre componentes urbanos desde una perspectiva de redes como sistemas de conexiones complejas, que también integran las dinámicas sociales como patrones de comportamiento que configuran el espacio. Lo antes descrito ofrece una apertura a la interpretación de los contextos urbanos en las ciudades contemporáneas.

La presente investigación se divide en tres apartados. El primero, *Sistema urbano desde conexiones complejas*, aborda la concepción y definición del sistema en su relación con el sistema urbano, a partir de un análisis de conexiones desde la perspectiva de la complejidad. En el segundo apartado, *Contextualizaciones teóricas para la comprensión de la ciudad contemporánea; entendimiento de la red de pelo suave*, se busca comprender la formación de una red, estableciendo una contextualización¹ entre el sistema urbano y las terminologías derivadas de otras disciplinas, como la física y los estudios del espacio.

A partir de este marco, el tercer apartado, *Geo-redes urbanas, hacia una definición de elementos: Propuesta de la herramienta metodológica*, desarrolla un análisis basado en la propuesta de cuatro geografías que integran elementos interconectados entre sí, conformando las denominadas geo-redes urbanas y por lo tanto el sistema urbano.

Dichas geo-redes permiten construir una conceptualización más precisa de lo que se define en esta investigación como la Red de Pelo Suave, explicando la propuesta de una herramienta metodológica orientada a la obtención de información relevante dentro de un sistema urbano, sustentada en una lógica de conexión entre nodos o elementos que posibilite la búsqueda de una red ideal dentro del sistema.

Lo antes descrito forma parte de mi tesis doctoral que se encuentra en proceso.

Sistema urbano desde conexiones complejas.

Desde la antigüedad, ha existido una conexión entre el ser humano y el espacio que habita, perdurando desde siempre una relación entre los elementos que le rodean, los cuerpos vivos y las actividades cotidianas. A partir de los primeros asentamientos humanos y del sedentarismo, comienzan a conformarse las ciudades, funcionando como un sistema urbano dinámico con interconexiones continuas y complejas.

A lo largo del tiempo, la evolución del sistema urbano ha permitido una mejor comprensión de los cambios en las diversas morfologías de la ciudad, incluyendo la organización de su espacio habitable. Esta transformación ha posibilitado identificar las dinámicas cotidianas que se establecen en el territorio, las cuales se estructuran en función de las actividades fundamentales del ser humano. Dichas actividades impulsan el desarrollo y configuran la estructura urbana, generando a su vez distribuciones espaciales condicionadas por factores como la clase socioeconómica, la raza y el género, entre otros. Según Diana Maldonado (2024), esta configuración espacial diferenciada da lugar a procesos de segmentación del territorio, en los que emergen fronteras urbanas visibles e invisibles. En este contexto, cobran relevancia aspectos políticos, religiosos y económicos, los cuales influyen decisivamente en la forma en que se organiza y transforma el espacio urbano. Estos factores, en conjunto con los avances científicos y tecnológicos, propician modificaciones en las configuraciones espaciales y, por ende, en su arquitectura. Asimismo, es importante considerar las conexiones espaciales que permiten la articulación y la comunicación entre distintas zonas del territorio. Un ejemplo de ello lo constituyen las redes de infraestructura vial y la priorización de ciertas tipologías de espacios colectivos —como los espacios públicos y las plazas— que, en su momento, han fungido como elementos urbanos clave en la estructuración del entorno habitado. (Maldonado, 2024).

Históricamente y acotando lo anterior, con la llegada de la industrialización, y mediante el ferrocarril, se comienza una aceleración de las vías de comunicación y con esto la expansión de sus conexiones no solamente viales, sino también conexiones socioespaciales de las redes urbanas. (Vegara y De las Rivas, 2016). No solamente las redes de comunicación vial comienzan a tomar relevancia, sino también los avances de las ciencias y las tecnologías de la información. En relación con lo anterior, Manuel Castells (2006), enfatiza que todo se organizará a través de redes, configurando un nuevo desarrollo en las ciudades y estructuras de organización socioespacial, derivado de una superposición del espacio virtual y lo cotidiano.

Por su parte, en la ciudad (o en la morfología urbana), la arquitectura se sitúa como un elemento indispensable, transformándose a través del tiempo e interactuando dentro de la red urbana, siendo ésta un referente en la producción de espacios. Además, los cambios tanto arquitectónicos como espaciales, propician el entendimiento de una ciudad como un organismo vivo², una red en funcionamiento que depende de la relación e interacción entre sus partes.

Estas distribuciones socioespaciales, permiten reflexionar en una topología urbana a manera de un pliegue territorial en donde se realizan actividades específicas del ser humano. Sin embargo, la forma espacial no se limita únicamente al aspecto territorial, sino también al conjunto de movimientos, interacciones o conexiones entre espacios, Rob Shields (2013) lo denomina espacialización social, mencionando a su vez, que, mediante una topología, es posible explicar el espacio desde redes, o bien, sistemas de relaciones. Al mismo tiempo, esto permite realizar una relación entre el ser humano, su comportamiento y acciones estructuradas con el espacio el cual habita, todo ello mediante su interconexión según su temporalidad, una interconexión en el sistema urbano demostrando su complejidad a manera de redes espaciales ya sean estas físicas o bien, como menciona Castells (2006) virtuales.

Pensadores clásicos de lo urbano como Henry Lefebvre (2014) también conceptualizan la ciudad como un sistema con la producción del espacio social, planteando en su tesis lo que considera como “sociedad urbana”, refiriéndose a ésta como una aglomeración o cualquier ciudad urbana, resultando de la industrialización como un proceso que absorbe la producción agrícola. (Lefebvre, 2014, p.36). Lefebvre (1996) expresa tres términos que conforman un sistema urbano, siendo éstos: sociedad, Estado y ciudad, haciendo una reflexión en que una ciudad es un sistema que cuenta con un funcionamiento por sí mismo, en forma autónoma, sin embargo, también menciona la existencia de luchas entre diversos grupos y clases, lo que fortalece un sentido de pertenencia en su contexto urbano. Lefebvre (2014), refiere a una “sociedad urbana” como una sociedad que se encuentra controlada por el consumismo, la economía en crecimiento y una industrialización que se va extendiendo en el territorio.

Por su parte Christian Schmid (2014), cuenta con su interpretación de lo urbano con tres cualidades: guías o redes, siendo estas redes de interacciones; bordes, mediante un territorio definido administrativa y políticamente, en donde si se disoluciona dicho borde existe un proceso de urbanización; y diferencias, donde las diferencias sociales colisionan volviéndose productivas.

David Harvey (2014), menciona que el siglo XX es el siglo de la urbanización, hablando de centros urbanos no solamente mediante el flujo de población y riqueza, sino también como la construcción de una problemática del capitalismo, existiendo una segregación económica entre centro y su periferia. Tanto Harvey (2014) como Schmid (2014), relacionan la capacidad de desarrollo de un proceso urbano como una red que interrelaciona ciudades, a través de innovaciones tales como los medios de transporte y comunicación, todo ello bajo un sistema capitalista. Harvey (2014) enfatiza que la ciudad se puede diseñar para que se mejoren las relaciones entre los procesos sociales.

Complementariamente, Lefebvre (2014) distingue a una sociedad que se encuentra urbanizada, como la implicación de la industrialización en un proceso evolutivo, conteniendo la práctica en la ciudad como lugar de encuentro e interacciones.

También y según Schmid (2014), a partir del avance en el proceso de industrialización, las ciudades comienzan a cambiar sus patrones de crecimiento urbano cambiando de las formas dominantes como lo era la concéntrica a diferentes configuraciones de ciudad y sus formas urbanas que se encuentran en cambio continuo. Schmid (2014) comparte que, para poder determinar el carácter urbano son necesarios dos niveles o escalas de integración significativos, como lo son los vínculos regionales y los vínculos con el mundo. (Schmid, 2014, p.77). Debido a lo anterior, podemos considerar que Schmid (2014), explora su conceptualización de ciudad a partir de sistemas con una lógica de conexión.

Dichas lógicas son parte de una codificación de información que brinda identidad a una sociedad en determinado espacio, como bien lo menciona Lefebvre (2014).

Contemplando lo anterior, Lefebvre (2014) define el sistema urbano desde el proceso industrial, en el cual la ciudad se presenta como un sistema autónomo, contando a su vez con luchas entre diferentes grupos que brindan un sentido de pertenencia y demostrando un carácter de comunidad, en donde hace referencia a las prácticas sociales, mientras Harvey (2014), explica la ciudad a partir del proceso de urbanización y Schmid (2014), identificando la ciudad a través de sistemas.

Por lo tanto, considerando diversas interconexiones entre ciudades, se posibilita la existencia de redes internas en un nivel más complejo, no solamente considerando la infraestructura de la ciudad, sino también la transformación de toda una sociedad, a partir de lo rural hacia lo industrial y de lo industrial hacia lo urbano, todo ello mediante una lógica de conexión sistematizada.

Debido a la lógica de considerar la ciudad como un sistema, ésta ha ido evolucionando hasta lo que hoy denominamos sistema urbano, encaminando la distribución de ciudad a través de redes que permiten interconexiones tanto físicas – virtuales y socioespaciales, relacionando a su vez estructuras topológicas, la habitabilidad y los cuerpos vivos con el espacio, comprendiendo mediante ello una apropiación espacial, y el espacio urbano como territorio o lugar en el cual se desenvuelve la cultura de una sociedad, cuya relación de conexiones nos lleva a la comprensión de la ciudad como un organismo vivo, de esta forma se entiende el sistema urbano como una red de conexiones desde la complejidad.

Gerardo Vázquez (2019) señala que un sistema constituye una totalidad compuesta por partes interdependientes. Al establecer una analogía con la ciudad, es posible reconocerla como una estructura compleja conformada por múltiples elementos —edificaciones, vialidades, áreas verdes y habitantes, entre otros— cuya interacción configura un entramado que responde a la definición de sistema.

De este modo, un conjunto de elementos puede entenderse como un sistema en sí mismo, donde cada agrupación funciona como un subsistema en relación con un sistema principal. A su vez, cuando un sistema establece vínculos con otros sistemas, emerge la posibilidad de concebirlo como un meta-sistema. (Vázquez, 2019, p. 57).

Con base en lo anteriormente expuesto, es posible explicar un sistema a partir del conjunto de sus elementos, cuya interacción y número, junto con la influencia del entorno, determinan su grado de complejidad. De acuerdo con Vázquez (2019), la complejidad puede comprenderse a partir de tres condicionantes fundamentales: lo cuantitativo, vinculado con la cantidad de elementos que conforman el sistema; la conectividad, referida a las posibles interacciones entre dichos elementos; y la variabilidad, entendida como la capacidad de los elementos para asumir diferentes estados. (Vázquez, 2019, p. 70).

Los sistemas complejos adaptativos pueden entenderse como organizaciones conformadas por una multiplicidad de elementos que interactúan de manera dinámica entre sí y con su entorno inmediato, mostrando la capacidad de transformar no solo su estructura, sino también su comportamiento, en función de las variaciones contextuales. Estas organizaciones, integradas principalmente por entidades vivas o biológicas, permiten no solo la comprensión de los fenómenos que emergen de su interacción, sino también, en ciertos casos, la posibilidad de anticiparse a comportamientos emergentes que se manifiestan en la colectividad como una totalidad. (Vázquez, 2019; Vázquez, 2025, p. 49). Debido a esto el sistema urbano no solo puede considerarse complejo, sino también dinámico, cambiante y en continua adaptación.

A su vez, Vázquez (2025) alude a Niklas Luhmann, sociólogo alemán reconocido por la teoría general de los sistemas sociales, la cual se fundamenta en la comunicación. Desde esta perspectiva, los sistemas sociales son considerados autopoieticos, ya que producen comunicación y, a través de ella, se generan los procesos que sustentan la existencia de la sociedad. De este modo, la sociedad no se comprende únicamente a partir de la existencia de los individuos y su colectividad, sino mediante los vínculos comunicativos en los que circula información de un punto a otro, fortaleciendo determinados lazos más que otros. En este sentido, no son los individuos en sí mismos quienes constituyen el sistema, sino la comunicación y los vínculos que esta produce, los cuales garantizan su viabilidad. (Vázquez, 2025, p. 28).

Considerando lo anterior, es posible que la comunicación establezca una conectividad coherente entre los elementos de un sistema con base en sus afinidades. Dichos vínculos tienden a consolidarse con mayor fuerza en ciertos grupos, generando así procesos de agrupación o clusterización. Estas agrupaciones, que emergen a partir de la información compartida en los vínculos comunicativos, representan una característica esencial de los sistemas complejos: la autoorganización. Si este fenómeno se traslada al ámbito de un sistema social, la agrupación de elementos puede funcionar como un atractor en términos culturales, ya sea por la cantidad de información que concentra o por su relevancia dentro del sistema. En consecuencia, ello puede derivar en una nueva estructuración del

comportamiento y la dinámica del conjunto que se autoorganiza. (Vázquez, 2025, p. 43). A partir de lo anterior, Vázquez (2025) explica que la generación de patrones dentro de un sistema, derivada de las relaciones entre los comportamientos o acciones de las distintas agrupaciones de elementos o nodos, contribuye a la estabilización del propio sistema. No obstante, tanto la fuerza o intensidad del flujo de información transmitida, como las interacciones y vínculos que se establecen entre los elementos o nodos, enfatizan que la autoorganización se manifiesta a partir de un estado inicial de caos. De este modo, se valida la constante búsqueda de un punto de equilibrio entre el caos y la estabilidad dentro del sistema. (Vázquez, 2025, pp. 70, 74).

Asociando lo anterior con el concepto de ciudad, Koldo Lus Arana (2020), propone una aproximación al caos, el autor vincula este concepto con las representaciones de la ciencia ficción en el cine, señalando que, en muchos casos, dichas producciones no muestran la ciencia en sí misma, sino que recurren a catástrofes naturales de gran magnitud para reflejar una imagen de lo urbano en movimiento y en fase de destrucción masiva. De este modo, se proyecta la desintegración del ecosistema urbano como consecuencia de las fuerzas naturales. (Lus Arana, 2020, p. 95).

Asimismo, Lus Arana (2020) alude a escritores y cineastas —entre ellos, James Graham Ballard—, cuyas obras plantean una reflexión en torno a los factores que pueden desencadenar el caos a través de las interacciones entre los elementos que conforman un sistema urbano. Dichas narrativas incorporan una mirada crítica sobre la relación entre el espacio y las especies, abordando problemáticas como la sobrepoblación, la explotación y el agotamiento de los recursos naturales, así como el calentamiento global y otros fenómenos que inciden en la civilización a escala planetaria.

La viabilidad de integración tanto de las interacciones entre los elementos como de sus relaciones dentro del campo de los sistemas complejos se sustenta, según Vázquez (2025), en los postulados de Ludwig von Bertalanffy (1976) y su teoría general de sistemas. Este autor plantea que todo sistema se constituye y se mantiene a partir de la dinámica relacional de las interacciones que lo definen, incluso cuando dichos sistemas, en apariencia, pertenezcan a contextos completamente distintos y presenten diferencias significativas en cuanto a su escala o proporción. (Vázquez, 2025, p. 64).

Con todo lo anterior, es factible considerar también los retos globales a los cuales se enfrentan las ciudades contemporáneas, lo cual da pie a abrir no solamente las dinámicas del espacio o las morfologías urbanas que existen, sino considerar una red que brinde la opción de contemplar ciudades ideales, no solamente resilientes y flexibles, sino también interconectadas (Vida Inteligente).

Esto permite comprender que la autoorganización en un sistema complejo propicia procesos de agrupación que configuran nodos relevantes, sin perder de vista que las acciones de los agentes dependen de las interacciones con sus vecinos próximos.

Todo lo desarrollado en este apartado invita a reflexionar sobre la estrecha relación entre redes, sistema urbano y sistemas complejos, en este sentido, se establece un enfoque en el que el sistema urbano puede interpretarse desde la visión de la complejidad, a partir de las características que lo conforman. Ello implica una abstracción conceptual y una contextualización del sistema urbano sustentada en aportes de otras disciplinas —como la física—, cuestión que será abordada en el siguiente apartado.

Contextualizaciones teóricas para la comprensión de la ciudad contemporánea; entendimiento de la red de pelo suave

Con el propósito de favorecer una mejor comprensión de la ciudad contemporánea, se parte de la contextualización y metáforas de la red del sistema urbano mediante su vinculación con fenómenos naturales abordados desde la física y el espacio, como es el caso de los agujeros negros. Maldonado (2024), propone una reinterpretación de estos a través de lo que denomina espacios-frontera, concebidos como una geografía invisible mediante la cual representa los agujeros negros desde una perspectiva espacial. En este planteamiento, la autora establece una relación entre los cuerpos naturales y el espacio, explicando una correspondencia entre el macrocosmos —vinculado con la teoría de la relatividad— y el microcosmos —propio de la física cuántica.

A partir de ello, Maldonado (2024) plantea la existencia de un universo medio, al que denomina intercosmos, o espacio de la escala humana. De acuerdo con su interpretación, si los agujeros negros constituyen una clave para comprender la estructura del universo, los geoespacios podrían entenderse como las singularidades del intercosmos, mientras que los espacios-frontera representarían los agujeros negros supermasivos de ese universo intermedio. Resulta significativo considerar que un agujero negro continúa ejerciendo una fuerza gravitatoria sobre los cuerpos circundantes y que su presencia puede detectarse mediante los rayos X emitidos desde las proximidades de su horizonte de sucesos, conforme a la teoría de la radiación de Hawking. (Maldonado, 2024, p. 9).

Stephen Hawking, Roy Kerr y Jacob Bekenstein, entre otros físicos, explican los agujeros negros desde diferentes perspectivas.

Jacob Bekenstein (1980) retoma los planteamientos de John Wheeler, quien sostiene que los agujeros negros cargados de Kerr constituyen los estados de equilibrio más generales entre estos objetos, al caracterizarse únicamente por tres propiedades externas: masa, carga y momento angular. Esta idea se sintetiza en el principio metafórico conocido como “los agujeros negros no tienen pelo”, derivado de los teoremas de unicidad, el cual indica que ninguna otra información externa —más allá de esos tres parámetros— es necesaria para describir un agujero negro (Bekenstein, 1980, p. 24). Así, los agujeros de Kerr con carga ($Q = 0$), la descripción se reduce aún más, limitándose a la masa y al momento angular (L), lo que implica una pérdida de información externa adicional o irrelevancia de propiedades secundarias.

Bekenstein (1980) propone una interpretación termodinámica del comportamiento de los agujeros negros, en la que la entropía representa la información que se pierde cuando un objeto es absorbido por uno de ellos. Esta pérdida incluye datos sobre su microestado, composición y trayectoria, que se tornan inaccesibles tras cruzar el horizonte de sucesos. El autor sostiene que, si parte de la información del movimiento del objeto se incorpora a las propiedades internas del agujero negro, la pérdida mínima de información resultante debe ser independiente del tipo de movimiento. Así, dicha pérdida sería constante e intrínseca al fenómeno físico. (Bekenstein, 1980, p. 26).

Por otro lado, Stephen Hawking explica que los agujeros negros son regiones del espacio donde la fuerza gravitatoria es tan intensa que nada puede escapar una vez cruzado el límite conocido como horizonte de sucesos. Su naturaleza, según Hawking, desafía incluso

a la imaginación científica. (Galison, 2021, 00:00:11). Sin embargo, en sus investigaciones posteriores, Hawking (2015) abordó la conocida paradoja de la información, proponiendo que, a pesar de que la materia cae en un agujero negro, parte de su información podría ser emitida a través de la radiación térmica. Este planteamiento llevó a postular que dicha información se conserva en una supertraducción asociada al desplazamiento del horizonte provocado por las partículas entrantes. A partir de este hallazgo, Hawking redefinió el tradicional horizonte de sucesos como horizonte aparente, al considerar que este límite tiene la capacidad de almacenar información dispersa proveniente de las partículas absorbidas (Hawking, 2015, p. 2).

A partir de lo anterior, Maldonado (2024) también hace referencia al cambio terminológico de horizonte de sucesos a horizonte aparente, contextualizándolo desde la posibilidad de afirmar que las configuraciones de los espacios-frontera constituyen la materialización gráfica del proceso de ocupación y despliegue de los cuerpos subordinados. (Maldonado, 2024, p. 9)

En colaboración con Stephen Hawking, los físicos-teóricos Malcolm Perry, Andy Strominger y Sasha Haco profundizaron en los mecanismos mediante los cuales podría recuperarse la información almacenada en los agujeros negros. Su investigación reveló que el horizonte de sucesos posee propiedades capaces de codificar información a través de los llamados grados de libertad vinculados a las supertraslaciones y superrotaciones, fenómeno que denominaron “pelo suave”. (Galison, 2021, 00:34:58).

Según esta teoría, existe una capa energética en el horizonte que contiene aproximadamente 12 J, valor que permite identificar la información codificada en las partículas emitidas por el agujero negro. Esta capa constituye un punto de transición clave para la interpretación del horizonte. (Haco, Hawking, Perry y Strominger, 2018, p. 1).

A partir de lo antes mencionado y con una aproximación espacial hacia el sistema urbano, Maldonado (2024) considera dos tipos de geografías que dan lugar al geo-espacio y configuran el espacio-frontera: las geografías artificiales, compuestas por el ambiente construido y el espacio arquitectónico, entre otros aspectos; y las geografías cercanas y distantes, entendidas como una extensión del cuerpo humano derivada del despliegue de los cuerpos, a partir de lo cual se conforman los espacios intermedios. Esta relación entre el macroespacio y el microespacio, en conjunto con el espacio intermedio —o intercosmos—, permite una comprensión más precisa del espacio de la escala humana.

Derivado de lo anterior, resulta factible considerar no solo los estudios orientados a la comprensión del universo desde la perspectiva del macroespacio y la teoría de la relatividad, sino también, los conceptos desde la física cuántica, que buscan explicar los fenómenos de la naturaleza a partir del microcosmos y su comportamiento. A partir de esta confluencia, diversos científicos han desarrollado lo que se conoce como la teoría de cuerdas. Noelia Freire (2023) explica la teoría de cuerdas de manera accesible, sosteniendo que las partículas subatómicas —como electrones, fotones o quarks— no poseen una naturaleza puntual, sino que corresponden a distintos estados vibracionales que se manifiestan en forma de diminutas cuerdas o filamentos. Estas pueden entenderse como lazos que vibran en determinadas frecuencias dentro del espacio-tiempo, dotando al universo de una estructura multidimensional.

En la búsqueda de una teoría del todo, físicos y teóricos como Edward Witten (1995) propusieron unificar las distintas versiones existentes de la teoría de cuerdas, dando origen a lo que denomina teoría M, en la cual la “M” hace referencia —entre otros significados posibles— al término membrana.

En esta misma línea, Michael J. Duff (1998) introduce el concepto de p-brana³, definido como una estructura similar a una membrana que puede extenderse desde una hasta once dimensiones. En este contexto, la “p” representa el número de dimensiones, refiriéndose así a objetos p-dimensionales denominados p-branas. (Duff, 1998, p. 6).

Para desarrollar una reinterpretación a partir de lo anteriormente expuesto, se considerarán como referencia diversos aspectos relevantes. En primer lugar, el horizonte aparente de los agujeros negros, el cual posibilita la recuperación de la información. En segundo lugar, los espacios-frontera propuestos por Maldonado (2024), fundamentados en las dos geografías —natural y artificial—, que resultan esenciales para la configuración de los denominados geo-espacios, intercosmos y espacio de la escala humana.

A partir de este marco conceptual, se propone la incorporación de dos geografías complementarias que amplíen las planteadas por Maldonado (2024): la geografía de actividades humanas y la geografía de representación simbólica. Ambas con la intención de fortalecer la propuesta de una herramienta metodológica, operando de manera complementaria con las geografías natural y artificial, con el propósito de generar información desde una perspectiva socioespacial. Este aspecto será desarrollado con mayor profundidad en apartados posteriores.

Por último, a partir de nuestra contextualización hacia el ámbito urbano, se considera el concepto de p-brana, proveniente de la física cuántica, como un elemento que permitirá desglosar y organizar la información, entendiendo las p-branas como cada uno de los elementos de las geografías del sistema urbano del espacio intermedio o de la escala humana. Así mismo, la p-brana se contextualiza como un componente del “pelo suave”, estableciendo relaciones o conexiones con los distintos elementos y nodos que conforman una red. De esta manera, será posible generar una estructura con forma de membrana, la cual, para los fines de esta investigación, se denominará “Red de Pelo Suave”.

Desde una contextualización más detallada y bajo la perspectiva del sistema urbano, la “Red de Pelo Suave” puede entenderse como un horizonte aparente, una membrana que integra las cuatro geografías previamente descritas —natural, artificial, de actividades humanas y de representación simbólica—, siendo estas dos últimas propuestas como extensiones conceptuales. Dichas geografías se integran mediante la superposición de redes dispuestas a modo de capas, lo que permite identificar una lógica de conexión entre los nodos y elementos que las conforman. De ello se desprende la posibilidad de concebir una red tetradimensional capaz de transmitir información según las conexiones que se establecen entre sus componentes. Estas capas pueden considerarse análogas a las múltiples estratificaciones que configuran un sistema urbano. La relación y transición entre escalas, contextualizadas tanto desde el macroespacio —asociado con los agujeros negros— como desde el microespacio —propio de la física cuántica—, invitan a reflexionar sobre la noción de espacio contenido: una comprensión de la partícula que posteriormente se expande, como en el Big Bang, que explica el origen del universo. Tomando esto como referencia, podría plantearse la posibilidad de que la escala humana, entendida como sistema urbano, experimente una nueva comprensión, una posibilidad de implosión que dé lugar a un colapso concentrado.

En continuidad con la paradoja de la información, resulta pertinente cuestionar cuáles son los elementos del sistema urbano que representan la “Red de Pelo Suave”, así como el tipo de información que se comparte —o se omite— entre los elementos y nodos que la conforman. Si se comprende que cada nodo o elemento del sistema urbano dispone de un esquema específico de códigos de información que permite interpretar su función y significado dentro de la red, adquiere especial relevancia la identificación de las acciones que posibilitan un acercamiento a una red ideal del sistema urbano. Dichas acciones pueden manifestarse en forma de conexión, desconexión o reconexión, en función de la información generada y transmitida.

En este punto surgen interrogantes sobre los mecanismos que hacen posibles estas acciones dentro de un conjunto de redes superpuestas, donde la comunicación y el tipo de información transmitida entre los nodos y elementos de las distintas geografías resultan determinantes. Este planteamiento constituye el punto de partida para la formulación de una propuesta metodológica que contextualiza las nociones de la física dentro del análisis de la red, especialmente a través de la consideración de la p-brana como una estructura tipo membrana de múltiples dimensiones en la “Red de Pelo Suave” que representa el sistema urbano.

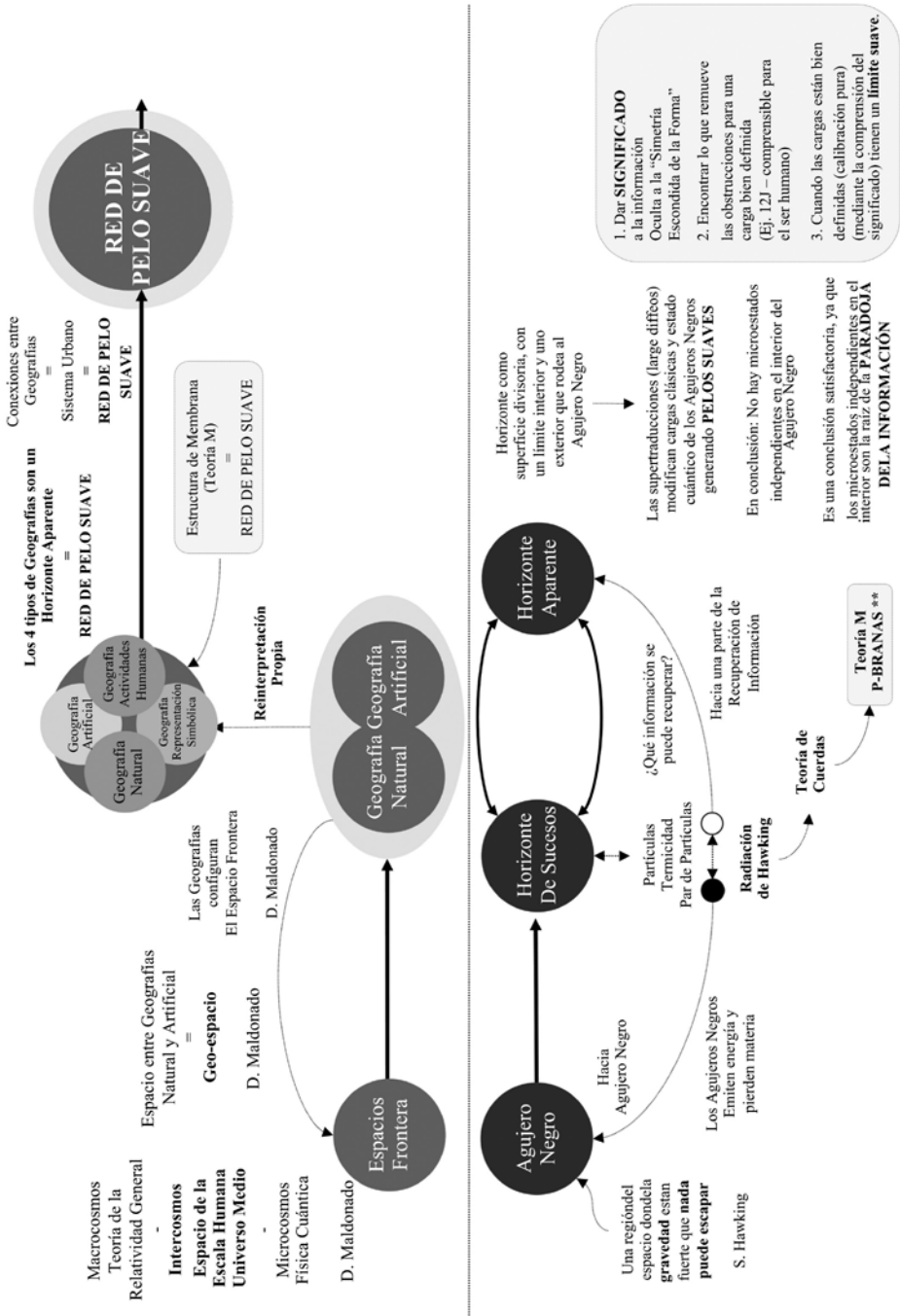
A partir de ello, una posible forma de estudiar el sistema urbano consiste en concebirlo como una “Red de Pelo Suave” con sus diferentes escalas espaciales. El conjunto de las ideas expuestas orienta la búsqueda de un acercamiento al diseño de ciudades con la intención de una vida más inteligente. (Véase *Esquema no. 1 – Propuesta de Herramienta Metodológica Parte 1*).

Geo-redes urbanas, hacia una definición de elementos: Propuesta de la herramienta metodológica.

Dando continuidad al estudio de carácter espacial, Maldonado (2022) retoma las aportaciones de Shields (2013) en torno al proceso de espacialización, en el cual reconoce la existencia de una conectividad entre lugares que se hallan sobrecodificados por medio de lo que el autor denomina una topologización situada entre diversas geografías, que pueden ser periféricas o invisibles. Esta perspectiva plantea la conformación de múltiples capas espaciales superpuestas, articuladas a través de redes complejas espacio-sociales que se interrelacionan mediante la esquematización de actividades cotidianas. Lo anteriormente expuesto enfatiza la interacción y la interrelación en el ámbito espacial, involucrando no solo al ser humano, sino también a los elementos con los cuales este mantiene vínculos cotidianos y con su entorno. (Maldonado, 2022, p. 58).

Maldonado (2022) expone la dinámica espacial desde la conectividad no solo entre diferentes elementos, sino también entre las experiencias vividas dentro de un espacio, esto refleja la posibilidad de generar una topología geográfica mediante interrelaciones y conexiones entre diversas actividades, en conjunto con los diversos usos significativos que las mantienen. A partir de ello, la autora define y configura lo que denomina esferas conceptuales presentando cuatro de éstas con base en: funciones, sistemas estructurales, forma

Esquema no. 1 – Propuesta de Herramienta Metodológica Parte 1. Fuente: Elaboración de la Autora



y lo que denomina geo-espacios. Estas esferas mantienen una conexión que trasciende lo particular, integrando dimensiones tanto sociales como de concreción material. (Maldonado, 2022, p. 64).

A partir de lo anterior, Maldonado (2022) explica la organización de elementos y sub-elementos que se encuentran en cada una de las cuatro esferas conceptuales (función, sistemas estructurales, forma y geo-espacio) los cuales se pueden conectar de maneras diferentes, actuando así como un protocolo de comunicación entre éstas, y contando como parte relevante de las conexiones, con un intercambio de información que se encuentra reconfigurando de manera continua las geografías mediante la identificación de patrones de conexión que derivan hacia nuevos códigos.

Asimismo, desde el ámbito relacional, es importante mencionar que Maldonado (2022) fundamenta su tesis sobre la idea del cuerpo como espacio desplegado en otro espacio que considera diversos códigos de uso impuestos por la geografía artificial.

A su vez, Shields (2013) explica que el término de “topología” se refiere de manera directa a la calidad y forma de cualquier espacio y la ubicación en él. (Shields, 2013, p.102). A partir de lo anterior, es posible comprender que las topologías cuentan con conexiones capaces de crear mapas de redes en un esquema geográfico determinado, distinguiéndose así por las similitudes cualitativas con las que cuentan dichas formas.

De esta manera, es factible reflexionar las metáforas espaciales como conceptos que posibilitan la pertinencia de que las teorías del espacio sean utilizadas a manera de estructura organizacional, esto unificado con los estudios del espacio geográfico para comprender diferentes conceptos como las formaciones culturales, las distancias, mediciones de forma cuantitativa, las formas de desplazamiento urbano o bien, diversos estudios acerca de patrones característicos de una concentración en el espacio.

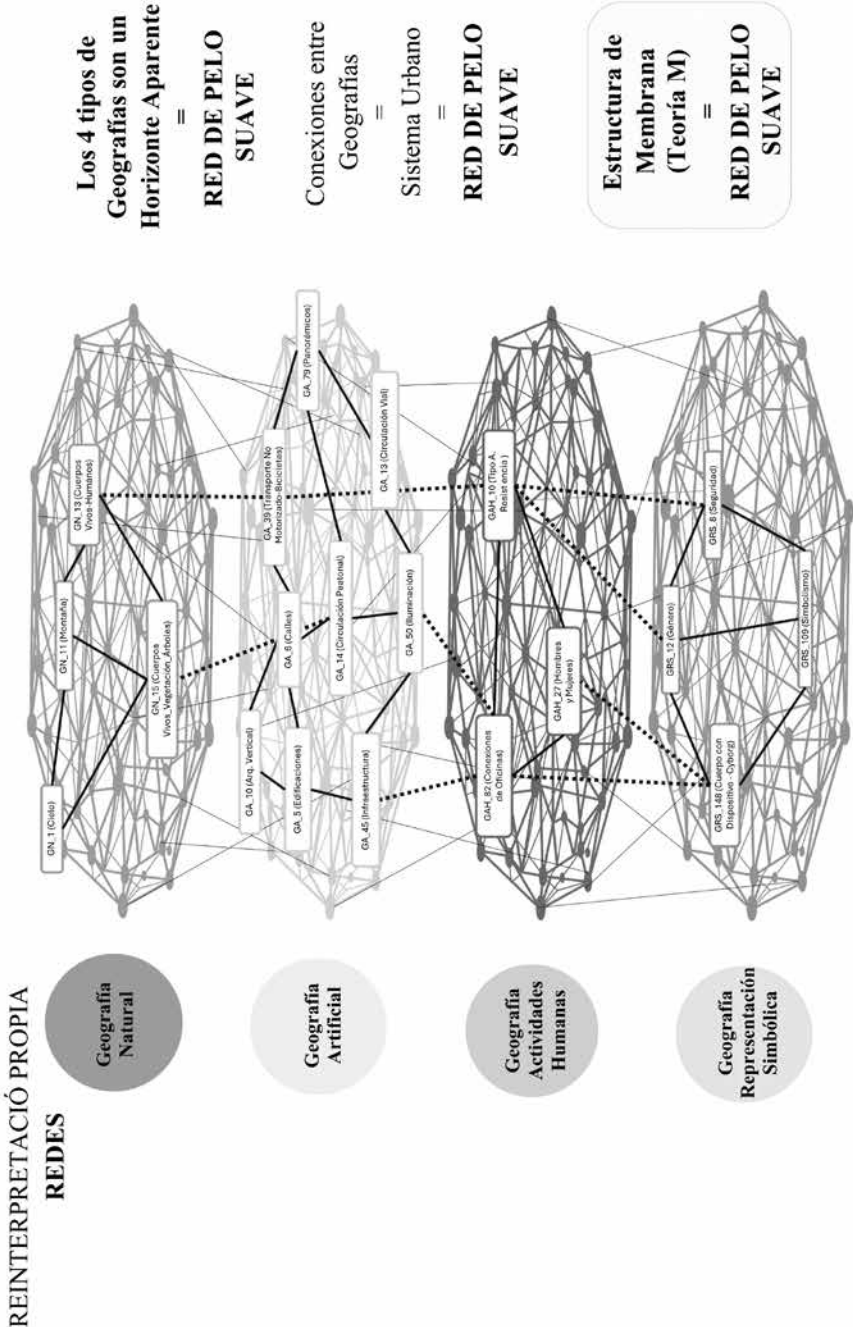
Siguiendo con la contextualización del sistema urbano a partir de la analogía con los agujeros negros y su horizonte aparente, así como con los espacios-frontera planteados por Maldonado (2024), se propone la incorporación de cuatro geografías, como se mencionó previamente, dos de ellas retomadas de Maldonado (2024) —la natural y la artificial—, y dos adicionales propuestas en este estudio —la geografía de actividades humanas y la geografía de representación simbólica.

La interrelación de estas cuatro geografías conforma el horizonte aparente, que se materializa como una membrana denominada “Red de Pelo Suave”. Esta estructura funciona como el equivalente a las interconexiones que se manifiestan en un sistema urbano, donde los flujos de información y relaciones configuran una red dinámica y en cambio constante, generando una red tetradimensional. (*Véase Esquema no. 2 – Sobreposición de Redes*).

Profundizando en cada una de las geografías, para los fines de esta investigación, la geografía natural comprende los elementos de la naturaleza que pueden identificarse con facilidad dentro de un sistema urbano, tales como ríos, montañas o seres vivos, entre otros. Esta geografía se complementa con las descripciones de ciudades realizadas por Ian McHarg (1967), quien propone una percepción particular del espacio a partir de los elementos naturales que lo conforman, reconociendo no solo la importancia de incorporar dichos elementos en el diseño de edificaciones y ciudades, sino también los beneficios que aportan al ambiente y al entorno humano. (McHarg, 1967, p. 5).

Asimismo, McHarg (1969) enfatiza la necesidad de aceptar y considerar la naturaleza

Esquema no. 2 – Sobreposición de Redes. Fuente: Elaboración de la Autora



como parte de un proceso dinámico que presenta tanto oportunidades como restricciones para las actividades humanas. Señala que, mediante una comprensión más profunda, es posible emplear el conocimiento de la naturaleza como proceso y aplicarlo al análisis de problemáticas territoriales, con el propósito de determinar el papel que esta desempeña dentro de una región metropolitana. (McHarg, 1969, p. 55).

McHarg (1969) explica que una gota de lluvia puede manifestarse en diversas formas de interacción con el sitio, siendo esto parte de un sistema integrado en el cual cualquier modificación que ocurra en una de sus partes afecta directamente el funcionamiento del conjunto. (McHarg, 1969, p. 56). De esta manera, se comprende la integración de los nodos o elementos de la geografía natural dentro de la “Red de Pelo Suave”, constituyendo un componente fundamental del sistema urbano. En lo que respecta a la geografía artificial, esta comprende todos los aspectos relacionados con el ambiente construido por el ser humano, es decir, aquellos elementos fácilmente perceptibles a la vista, tales como edificaciones, vialidades, automóviles, infraestructuras tecnológicas, entre otros.

En lo que respecta a la geografía de las actividades humanas, la referencia principal es Christopher Alexander (1980), quien propone una serie de patrones que describen diversos ámbitos del habitar, abordando problemáticas urbanas a partir de la estructura de la ciudad. (Alexander et al., 1980, p. 9)

Alexander (1980) desarrolla un formato metodológico que permite visualizar la conexión entre patrones, estableciendo 253 combinaciones orientadas a su identificación ante distintas problemáticas. El orden de estos patrones se organiza de lo más amplio —como una ciudad o región— a lo más específico —como un detalle constructivo—, presentando una descripción y distribución secuencial. Lo más relevante de su planteamiento radica en las interconexiones que se generan entre patrones, con la aclaración de que ninguno de ellos existe de forma aislada, sino dentro de un contexto determinado por sus condiciones locales. (Alexander et al., 1980, p. 11).

Para los fines de esta investigación, y partiendo de la definición de un lenguaje determinado a partir de la distribución de patrones propuesta por Alexander (1980), se considerarán aquellos patrones de más fácil identificación que resulten pertinentes para la definición de una ciudad o comunidad. Entre ellos, se incluye el patrón correspondiente a un grupo de edificios, dado que éste traza una configuración espacial que incide de manera directa en la estructura urbana. Asimismo, se incorporan los patrones que presentan una mayor relevancia en el involucramiento de actividades humanas específicas, considerando tanto los patrones de edificación como aquellos vinculados con la naturaleza, correspondientes a las geografías artificial y natural.

Tomando como ejemplo la relación que marca Alexander (1980) entre patrones y un lenguaje determinado, se puede decir que el lenguaje en sí ha jugado un rol importante en la evolución de las ciudades, permitiendo una relación del espacio social mediante códigos específicos, ya sean políticos, arquitectónicos o urbanísticos, que posibilitan la producción del espacio. Estos códigos permiten la relación del espacio social dando origen a un discurso, una realidad, por lo que cada código contiene una historia, cuya relevancia es factible para accionar las prácticas sociales que se desarrollan en el espacio.

En lo que respecta a la geografía de representación simbólica, esta aborda los elementos

vinculados con la identidad, la dimensión sociocultural, el significado y los valores, así como los modos de vida propios de un lugar y de un tiempo determinados. Asimismo, comprende la percepción del espacio y su organización, aspectos que reflejan la manera en que las comunidades construyen y proyectan sus referentes simbólicos en el territorio. Para este análisis, se considera la conceptualización de los espacios objetivo, subjetivo y virtual desarrollada por Adolfo B. Narváez y Gabriela Carmona (2024), los autores profundizan en las características que permiten comprender la existencia de dichos conceptos en diversos escenarios y momentos históricos. Su estudio no solo presenta una revisión de las dimensiones históricas del espacio, sino que también expone la percepción espacial del ser humano a lo largo de las diferentes etapas de su experiencia vital.

Narváez y Carmona (2024) describen esta experiencia espacial como la interacción del ser humano con su contexto inmediato, en la cual se manifiesta una realidad consciente que otorga significado a su entorno. A partir de ello, los autores proponen el concepto de esferas de la realidad, el cual resulta de especial relevancia para el análisis y la comprensión de los significados presentes en las acciones de las comunidades y en los proyectos derivados de sus lugares de vida. (Narváez & Carmona, 2024, p. 59).

A partir de lo anteriormente expuesto y de la distinción de las cuatro geografías que conforman la “Red de Pelo Suave” —es decir, la integración del sistema urbano—, se realiza un primer acercamiento a la identificación de los elementos que componen cada una de ellas, los cuales se presentan a continuación en forma de tablas. (*Véanse Tablas no.1, no. 2, no. 3, no. 4*)

GEOGRAFÍA	ELEMENTOS		
Geografía Natural	Cielo	Montañas	Sonidos Agradables
	Tierra	Cuevas / Cavernas	Sonidos Estruendosos
	Agua (Libre, Encauzada)	Cuerpos Vivos Humanos (Género)	Olores Agradables
	Relieves Topográficos	Cuerpos Vivos No Humanos (Animales, Plantas, Tierra)	Olores Desagradables
	Ríos	Cuerpos Vivos Vegetación (Plantas, Árboles, Flores, Frutos, Sembradíos)	Climatología
	Arroyos	Piedras / Rocas	Sensaciones Térmicas (Frio / Calor)
	Mares	Bordes Naturales (Tierra-Agua, Tierra-Arena, Cordilleras, Sierras)	Camino Naturales (Sendas)
	Lagos	Valles	Muros / Paredes Naturales
	Cerros	Lenguaje / Comunicación	Dolmen
	Cimas	Sonidos de la Naturaleza	Orgánico / Naturaleza / Vida Silvestre

Tabla no. 1 – Geografía Natural. Fuente: Elaboración de la Autora

GEOGRAFÍA	ELEMENTOS		
Geografía Artificial	Edificación Arquitectónica (Monumental, arbo de, vertical, horizontal)	Máquinas / Robótica (Brazos Robóticos-Robots)	Semántica (Referenciación)
	Centros Civicos / Plazas Civicas	Datos	Seguridad
	Templos / Catedrales / Iglesias / Centros de Culto / Centro de Meditación / Lugares Sagrados	Zonificación	Espacios Exclusivos / Accesibles
	Mercados / Mercantíl - Capitalismo / Centros Comerciales / Centro Económico-Financiero-Comercio / Consumo (De Productos, Alimentación, Visual, Auditivo, Nocivo)	Cruces de Calles y Peatonales	Conectividad Vial
	Edificaciones (Gubernamentales, Administrativas, De Servicio, Comerciales, Culturales, De Ocio, Industriales, Públicas, Educativas, Militares, Hospitalarias, Funcionarias)	Puentes Viales (Pasos a Nivel, Pasos a Densivel, Pasos Elevados)	Conectividad Peatonal
	Calles (Primarias, Secundarias, Terciarias), Autopistas	Puentes Peatonales (A nivel, Escaleras, Rampas)	Colapso Vial
	Calles con Remetimientos para Transporte Público y/o Adaptación para Accesibilidad	Comunicaciones	Colapso Visual
	Ciclovia	Transporte Urbano (Metro, Autobuses, Autobuses con espacios para discapacitados, Paradas de Autobús, Tranvía, Tren) / Transporte Urbano Autónomo/Colapso Olfativo	
	Medios de transporte (Ferrocarril, Automóvil, Motocicleta, Bicicleta)	Transporte Motorizado (Automóvil, Autobuses, Microbuses, Motocicleta, Scooters, Buses, Botes, Aviones)	Colapso Sonoro
	Circulación (Vial, Peatonal)	Transporte No Motorizado (Bicicleta, Scooters, Patinetas, Patines, Botes)	Camélex
Geografía Actividades Humanas	Vivienda	Espacios Públicos, Recreativos, de Ocio, Culturales	Teléfonos Celulares
	Vías de Comunicación (Terrestres, Aéreas)	Infraestructura / Mobiliario Urbano / Iluminación	Radio
	Tecnología, Tecnología de las Máquinas	Infraestructura / Mobiliario Urbano Automatizado o Digitalizado (Boletines, Plumas, Accesos a Zonas)	Sonidos Agradables
	Tecnologías de la Información TICS	Sincronización Urbana Digital / Chips Controlados / Señalización / Cruces	Sonidos Estruendosos
	Dispositivos Electrónicos / Microelectrónica	Pedestales con Sonidos	Telecomunicaciones
	Digitalización	Biochips / Reconocimiento Facial	Pseudónimos Fictos / Digitales
	Virtualidad (IA) / Interactividad	Infraestructura Urbana Digital con: Datos en tiempo real, Hologramas, Gamificación	Televisión (Anuncios)
	Conectividad Digital (Internet, GPS, Software)	Condiciones y/o niveles de Pobreza - Riqueza	Límites y/o Bordes Espaciales o Artificiales
	Señal Satelital	Estratificaciones Económicas	Baños Públicos / Baños Públicos con Digitalización y/o Automatización (Ej. Espacios con información en tiempo real, apertura de puertas)
	Fibra Óptica	Lenguaje (Tecnológico, Escrito, Etc.)	Información de Ubicación (Física y Digital)
Geografía Representación Simbólica	Cyborgs	Arte	
		Comunicación Visual	

Tabla no. 2 – Geografía artificial. Fuente: Elaboración de la Autora

GEOGRAFÍA	ELEMENTOS		
Geografía Actividades Humanas	Interpretación Campo-Ciudad Valles	Monte de Viviendas	Juegos Conectados
	Agrícolas Trama de Calles Rurales Pueblos El	Viejos por Doquier	Locales Públicos Exteriores
	Campo Mosaico y/o límite de Subculturas	Comunidad de Trabajo	Enterramientos
	Trabajo Disperso Áreas de Transporte Local /	Cinturón Industrial	Deportes Locales
	Público / Circunvalaciones Vecindad	La Universidad como Plaza de Mercado	Sitios para Aventuras
	Identificable o Límite de Vecindades	Mercados al Por Menor	La Familia
	Límite de Cuatro Plantas / Número de Plantas	Centro Sanitario	Casa para una Familia Pequeña
	Aparcamiento al Nueve Por Ciento /	La Vivienda, Intercalada	Casa para una Pareja
	Aparcamientos Abiertos-Cerrados /	Vías Locales en Lazo	Casa para una Persona
	Aparcamientos Pequeños	Empalmes en T	Talleres y Oficinas Autogestionados
Geografía Representación Simbólica	Vías Paralelas		
	Lugares Sagrados	Calles Verdes	Pequeños Servicios Públicos sin Papeleo
	Acceso al Agua		
	Ciclo Vital	Malla de Senderos y Coches	Conexiones de Oficinas
	Hombres y Mujeres	Puertas Urbanas Principales	Maestro y Aprendices
	Nudos de Actividad	Cruce de Calzadas	Sociedad Adolescente
	Paseo	Andenes Elevados	Escuelas con Talleres
	Calle Comercial	Vías y Perchas para Bicicletas	Tiendas de Propiedad Individual
	Vida Nocturna	Los Niños en la Ciudad	Café Terraza
	Enlaces	Carnaval	Cervecería

Tabla no. 3 – Geografía Actividades Humanas. Fuente: Elaboración de la Autora

Tabla no. 4 – Geografía Representación Simbólica. Fuente: Elaboración de la Autora

GEOGRAFÍA	ELEMENTOS		
Geografía de Representación Simbólica	Organización del Espacio Habitable	Ciudad Inhabitable / Deshumanizada	Sistemas Información Entretenimiento Industria / Granjas industriales
	Distribución de Zonas	Globalización Social	
	Configuración, distribución y utilización espacial	Biodiversidad	Economía cultural / de servicios
	Valores Económicos / Políticos / Religiosos	Capitalismo - Mercantil	
	Seguridad / Procuración de Refugio / Cuidado	Clases Sociales / Socioeconómica / Diferencias Sociales /	Espacio de consumo / productivo / producción / productos
		Fragmentación social / Jerarquías	Escala Regional Carácter de comunidad Luchas entre grupos
	Raza / Etnia	Sentido de Pertenencia	/ Conflicto / Confrontación / Contradicciones
	Género / Sin Género / Creatura Post-Genérica	Intensidad de Interacción (Alta / Media / Baja)	Segregación / Otredad
	Sexo / Edades	Caos / Colapso / Distorsión	Información
	Organización Familiar / Estructuras organizacionales / Grupos	Espacio geográfico	Espacio político / cívico / religioso / administrativo / militar
	Formaciones culturales / cultura / diferencias / pueblos / culturas indígenas / fragmentación cultural	Espacio colectivo / social	Lenguaje Relación físico-naturaleza Relación significado-significante
	Cuerpos / Máquinas	Espacio Público / Abiertos / Cerrados	
	Diferentes especies / Organismos vivos / Organismos Cibernéticos	Espacio Cultural / Creativo	Signos / Simbolismos complejos / Sistemas de símbolos
	Arte (Esculturas, Pinturas)	Espacio Agrario / Rural / De Cultivo	Significación cultural / Historia / Lugares Significativos
	Trabajo / Servicios / Ocio / Vivienda (tipologías)	Espacio Urbano (tipo)	
	Circulaciones	Espacios Privados	
	Armas de Fuego	Nodos de Innovación	
	Avances Científicos / Tecnológicos / Tecnología Avanzada / Innovaciones / IA / Artefactos	Lugares de Encuentro	
	Conexiones Viales / Peatonales / Sociales	Imagen de la Ciudad (nodos / hitos / bordes / sendas / mojones)	Control / Dominación / Poder
	Conectividad Digital	Concentración de personas	Luz, Ritmos, Texturas, Formas, Escala, Sonido
	Espacio Atemporal	Concentración de diferentes usos de suelo (habitacional, servicios, ocio)	Patrones
	Espacios y Flujos (Espaciales / Virtuales)	Espacios Periféricos	Flexibilidad (en espacios)
	Desconexión	Vínculos con la Región / con el Mundo (actividades)	Religión / Comunidades Sagradas
	Contexto Habitable	Crecimiento (cuantitativo) / Desarrollo (cualitativo)	

De acuerdo con lo previamente descrito, esta investigación expone el desarrollo de una herramienta metodológica que, mediante su contextualización a través de la “Red de Pelo Suave” —concebida a partir del horizonte aparente de los agujeros negros y de los espacios-frontera—, permita la obtención y análisis de información relativa a una red del sistema urbano en un contexto determinado. Esta herramienta contempla la identificación de sucesos, acciones o acontecimientos que ocurren dentro del sistema y que configuran su dinámica interna.

Lo anterior se fundamenta en que las situaciones interrelacionadas dentro de un sistema urbano generan conexiones complejas cuya interpretación posibilita la definición de criterios analíticos orientados a su comprensión, considerando las geografías previamente establecidas como marco estructurante.

En este contexto, los nodos o elementos (p-branas) constituyen una parte fundamental del sistema, al facilitar de manera más precisa el establecimiento de las conexiones que se generan entre ellos. A través del análisis del fenómeno estructural en un sitio determinado y mediante la integración de diversas interpretaciones, se orienta la investigación hacia la identificación de los obstáculos u obstrucciones que puedan presentarse en dichas conexiones.

Para alcanzar una comprensión más clara de lo expuesto, se plantean tres acciones fundamentales: la conexión, entendida como el vínculo que se establece entre los distintos nodos o elementos que logran mantenerse en interacción; la desconexión, que implica la interrupción o eliminación de dicho vínculo; y, finalmente, la reconexión, mediante la cual es posible reconfigurar una situación específica dentro del sistema.

Estas tres acciones permiten aproximarse al funcionamiento de una red orientada hacia la identificación de una red ideal, cuya finalidad es contribuir al desarrollo de un sistema urbano encaminado hacia lo que puede denominarse una vida inteligente, entendida como un estado de equilibrio dinámico entre la información, la comunicación y la organización

del sistema. (*Vease Esquema no. 3 – Propuesta de Herramienta Metodológica Parte 2*).

Con base en lo anteriormente descrito, y en concordancia con las formas en que se aplicará la reinterpretación propuesta, se establece el estudio de lo que denominamos “Red de Pelo Suave”. Esto no solo busca la comprensión de una red en sí misma, sino también una contextualización precisa que permita explicar a partir de los conceptos de la física, el funcionamiento del sistema urbano en las ciudades contemporáneas.

Discusión de resultados y conclusiones.

Como parte de los hallazgos más relevantes de esta investigación, se presenta una herramienta metodológica innovadora que, mediante la contextualización de conceptos derivados de la física —en particular de la teoría de agujeros negros y la física cuántica— e integrados al estudio del espacio urbano, permite formular una aproximación hacia una Red Geográfica Ideal. Esta red, denominada en el marco del estudio como “Red de Pelo Suave”, se concibe como una estructura compleja basada en la interacción dinámica de nodos o elementos distribuidos en cuatro geografías: natural, artificial, de actividades humanas y de representación simbólica.

La propuesta metodológica surge de una reinterpretación multiescalar del sistema urbano, entendiendo que tanto el macroespacio como el microespacio inciden de manera directa sobre el mundo de la escala humana. A partir del concepto de horizonte de sucesos, redefinido por Hawking como horizonte aparente tras el descubrimiento de la radiación de Hawking, se incorpora la idea de información recuperable, que se articula con las p-branas y el concepto de pelo suave, entendido como una superficie tipo membrana capaz de codificar múltiples capas de información.

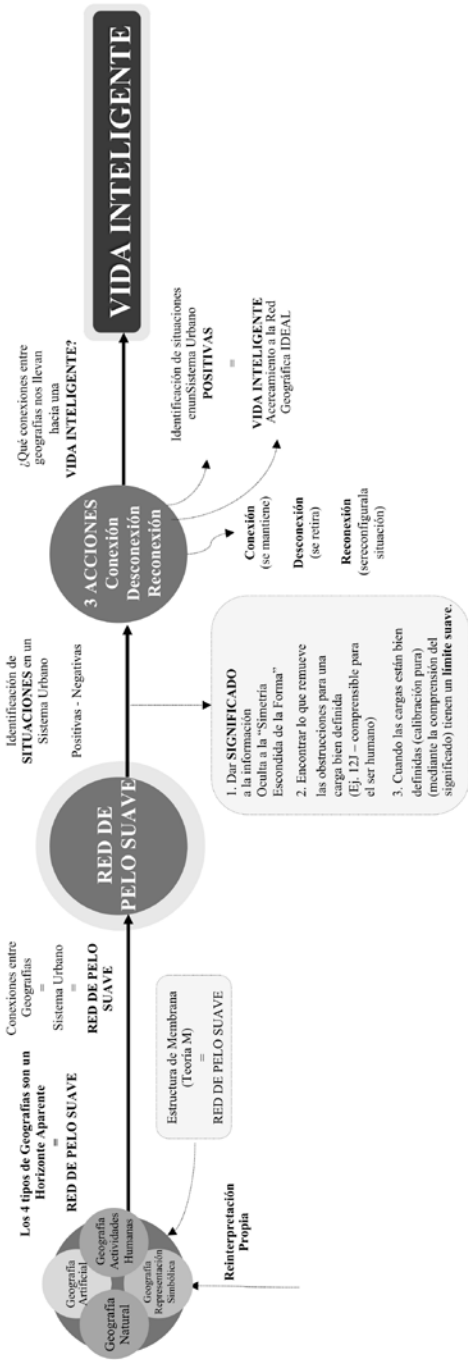
En este contexto, Diana Maldonado reinterpreta el agujero negro como un espacio-frontera, y al fenómeno urbano como un intercosmos: un universo medio situado entre el macrocosmos y el microcosmos. Esta visión da lugar a la estructuración de una red que permite deconstruir el sistema urbano desde una perspectiva compleja e interconectada, configurando un horizonte aparente como superficie analítica operativa.

La “Red de Pelo Suave” se consolida como una red flexible y adaptativa, estructurada por la interacción de nodos que hacen posible identificar situaciones funcionales o conflictivas dentro del territorio. A partir de su análisis, emergen tres acciones metodológicas clave:

1. Conexión, orientada a conservar relaciones funcionales existentes;
2. Desconexión, para eliminar vínculos disfuncionales; y
3. Reconexión, entendida como la reconfiguración del sistema en función de nuevas articulaciones.

Estas acciones permiten aproximarse al concepto de vida inteligente, entendido no como categoría abstracta, sino como una forma operativa de interpretar, habitar y transformar el espacio urbano. Así, la herramienta metodológica propuesta no solo favorece una comprensión más profunda del fenómeno urbano contemporáneo, sino que también ofre-

Esquema no. 3 – Propuesta de Herramienta Metodológica Parte 2. Fuente: Elaboración de la Autora



ce criterios analíticos para la mejora de la ciudad, en tanto que sistema complejo habitado por sujetos vivos.

La estrategia de superposición de redes propuesta en esta investigación permite abordar la complejidad del sistema urbano desde una lógica no lineal, articulando múltiples escalas y capas territoriales. La “Red de Pelo Suave” no funciona como un límite estático, sino como una membrana viva que traduce la inteligencia colectiva del sistema en términos de conectividad, habitabilidad y transformación.

Notas

1. Una contextualización permite interpretar las dinámicas urbanas mediante principios de la física teórica y el espacio, mostrando que la ciudad funciona como una red compleja de interacciones.
2. La comparación entre la ciudad y un organismo vivo se presenta en muchas teorías, como en la de Manuel Castells (2006), con la propuesta del funcionamiento de la ciudad a partir de redes.
3. ** Física – Teórica - Una P-Brana es un término de la teoría de las supercuerdas usada para referirse a una estructura tipo membrana de 1 a 11 dimensiones que representan a objetos físicos de esta teoría

Referencias

- Alexander, C., Ishikawa, S., Silverstein, M., et al. (1980). *A pattern language / Un lenguaje de patrones. Ciudades. Edificios. Construcciones*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A.
- Bekenstein, J. (1980). Black-hole thermodynamics. *Physics Today*, 33(1), 24–31. <https://doi.org/10.1063/1.2913906>
- Bertalanffy, L. von. (1976). *Teoría general de los sistemas: Fundamentos, desarrollo y aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Castells, M. (2006). *La era de la información. Economía, sociedad y cultura. Vol. 1: La sociedad red*. México: Siglo XXI Editores.
- Duff, M. J. (1998). *A layman's guide to M-theory*. Center for Theoretical Physics, Texas A&M University, College Station. <https://doi.org/10.48550/arXiv.hep-th/9805177>
- Freire, N. (2023). ¿Cómo explica la teoría de cuerdas el fenómeno de la gravedad? *National Geographic España*. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/como-explica-teoria-cuerdas-fenomeno-gravedad_20932
- Galison, P. (Director y productor). (2021). *Agujeros negros: Al límite del conocimiento* [Película; video en línea]. Netflix Originals.
- Haco, S., Hawking, S., Perry, M., & Strominger, A. (2018). Black hole entropy and soft hair. *Journal of High Energy Physics*, 2018(12), 98. [https://doi.org/10.1007/JHEP12\(2018\)098](https://doi.org/10.1007/JHEP12(2018)098)
- Harvey, D. (2014). Cities or urbanization? En N. Brenner (Ed.), *Implosions / Explosions*:

- Towards a study of planetary urbanization* (pp. 52–66). Berlín: Jovis Verlag GmbH.
- Hawking, S. (2015, 28 de agosto). *La paradoja de la información de los agujeros negros* [Conferencia]. KTH Royal Institute of Technology, Estocolmo, Suecia.
- Lefebvre, H. (1974). *La producción del espacio*. Madrid: Capitán Swing.
- Lefebvre, H. (1996). *Writings on cities* (E. Kofman & E. Lebas, Eds. y Trads.). Massachusetts: Blackwell Publishers.
- Lefebvre, H. (2014). From the city to urban society. En N. Brenner (Ed.), *Implosions / Explosions: Towards a study of planetary urbanization* (pp. 36–51). Berlín: Jovis Verlag GmbH.
- Lus, K. (2020). The owned world (Ballard II, Sontag I): La sublimación del desastre. En A. Hernández Gálvez (Ed.), *Ciudad (In)Sostenible* (pp. 93–100). México: Arquine.
- Lynch, K. (1984). *The image of the city*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- McHarg, I. (1969). *Design with nature*. New York: Published for The American Museum of Natural History.
- Maldonado, D. (2022). *Post-arquitectura: Notas sobre geografías invisibles*. Austin: Nhamerica Press.
- Maldonado, D. (2024). Ciudades y pornoespacio: Reflexiones teóricas sobre urbanismo alternativo. En A. Narváez (Coord.), *Transhumano. Consecuencias humanas de una revolución tecnológica* (pp. 271–303). México: Labyrinthos Editores.
- Maldonado, D. (2024). *Off planning*. Austin: Romano Guerra Editora / Nhamerica Platform.
- Narváez, A., & Carmona, G. (2024). *Theory of experience in architecture and urban design*. Oakville, Canadá: Apple Academic Press.
- Schmid, C. (2014). Networks, borders, differences: Towards a theory of the urban. En N. Brenner (Ed.), *Implosions / Explosions: Towards a study of planetary urbanization* (pp. 67–80). Berlín: Jovis Verlag GmbH.
- Shields, R. (2013). *Spatial questions: Cultural topologies and social spatialisations*. India: Sage Publications Ltd.
- Vázquez, G., Laguna, G., Marcelín, G., & Patrick, G. (2016). *Complejidad y sistemas complejos: Un acercamiento multidimensional*. México: CopIt-arXives / EditoraC3.
- Vázquez, G. (2019). *Posibilidades teóricas para el estudio de la complejidad y sistemas adaptativos*. México: Editorial Labyrinthos.
- Vázquez, G. (2025). *Pensar el diseño desde la complejidad y lo imaginario*. México: Grupo Editorial de la Facultad de Arquitectura, UANL.
- Vegara, A., & De las Rivas, J. (2016). *La inteligencia del territorio. Supercities*. España: Fundación Metrópoli.
- Witten, E. (1995). String theory dynamics in various dimensions. *Nuclear Physics B*, 443(1–2), 85–126. [https://doi.org/10.1016/0550-3213\(95\)00158-0](https://doi.org/10.1016/0550-3213(95)00158-0)

Abstract: Urban networks can be conceived as dynamic complex systems composed of a

multiplicity of elements and nodes that operate across different domains —social, spatial, economic, political, technological, and ecological, among others— and that maintain constant interaction with one another, thereby shaping a specific structural organization. In this sense, when facing crises or situations of instability, the emergence of adaptive behaviors may ensure the continuity and persistence of the system within the network.

These urban networks can be represented not only through their physical infrastructure and material connectivity, but also through the webs of relationships and interactions established among living beings, biological elements, symbols, and operational dynamics, which together configure the territory in which they are embedded. From this perspective, the city can be understood as a system of complex connections endowed with the capacity for reorganization in the face of crises, generating new configurations that are not only spatial but also social, through processes of self-organization.

Therefore, the study of urban networks from the standpoint of complexity theory provides conceptual and methodological tools that facilitate the analysis of processes of growth, resilience, and transformation in urban space. Within this framework arises the proposal of a methodological tool aimed at identifying and understanding actions within the urban system that enable the connection, disconnection, or reconnection of specific nodes or elements in a network. This tool seeks to promote an approach toward a sustainable city, grounded in a spatial understanding of complexity and the development of a network oriented toward intelligent life—capable of adapting to and evolving with environmental transformations.

Keywords: Urban System - Urban Geography - Spatial Networks - Complexity

Resumo: As redes urbanas podem ser concebidas como sistemas complexos dinâmicos, constituídos por uma multiplicidade de elementos e nós que operam em diferentes âmbitos —social, espacial, econômico, político, tecnológico e ecológico, entre outros— e que mantêm uma interação constante entre si, configurando uma organização estrutural específica. Nesse sentido, diante de uma crise ou situação de instabilidade, é possível que a emergência de comportamentos adaptativos assegure a continuidade e a permanência do sistema dentro da rede.

Essas redes urbanas não se representam apenas por sua infraestrutura física e conectividade material, mas também pelos tecidos de relações e interações que se estabelecem entre seres vivos, elementos biológicos, símbolos e dinâmicas de funcionamento, os quais configuram o território em que estão inseridas. Assim, sob essa perspectiva, a cidade pode ser compreendida como um sistema de conexões complexas dotado da capacidade de reorganização diante das crises que enfrenta, gerando novas configurações não apenas espaciais, mas também sociais, por meio de processos de auto-organização.

Portanto, o estudo das redes urbanas a partir da teoria da complexidade oferece ferramentas conceituais e metodológicas que facilitam a análise dos processos de crescimento, resiliência e transformação do espaço urbano. A partir desse marco, surge a proposta de uma ferramenta metodológica orientada à identificação e compreensão de ações dentro do sistema urbano, que permitam a conexão, desconexão ou reconexão de nós ou elementos específicos em uma rede. Essa ferramenta busca promover uma aproximação

a uma cidade sustentável, sustentada em uma abordagem espacial da complexidade e no desenvolvimento de uma rede orientada para a vida inteligente, capaz de se adaptar e evoluir diante das transformações do ambiente.

Palavras-chave: Sistema Urbano - Geografia Urbana - Redes Espaciais - Complexidade

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo.]
