

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ARQUITECTURA
UNIDAD ACADÉMICA DE ARQUITECTURA DE PAISAJE



¿ Sistema urbano / Sistema fractal ?

Tesis que presenta

Erika Sánchez Guadalajara

Para obtener el título

Licenciada en Arquitectura de Paisaje

Febrero 2006

Director de Tesis
Arq. Luis de la Torre Zatarain

Asesoras
Mtra. Amaya Larrucea Garritz
Mtra. Leticia Ortiz Avalos





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A mi mamá
Quien siempre ha creído en mí
Este es resultado de un esfuerzo tan tuyo como mío
Gracias por habérmelo dado todo*

Agradecimientos

Gracias

A Lizeth y Arturo

A Luis por haber creído en este proyecto desde el principio y por sus valiosas enseñanzas

A Amaya y a Lety por su apoyo y sus valiosas opiniones

A mis amigos, que han escuchado todas mis dudas y me han apoyado con soluciones

A mis amigos paisajistas, con quienes compartí muchas experiencias

A mis maestros en Paisaje, quienes compartieron conmigo sus conocimientos

Y me brindaron su amistad

A todos aquellos que compartieron mi interés en este proyecto

1	DEDICATORIA.
2	AGRADECIMIENTOS.
5	INTRODUCCIÓN.
9	CAPÍTULO 1: ¿Qué es un fractal?
1.1	Definición.
17	
1.2	Características y propiedades.
19	
1.3	Conceptos relacionados.
23	
	CAPÍTULO 2: Fractales en la Naturaleza y en el Arte.
2.1	La Naturaleza.
2.1.1	La materia animada.
2.1.2	La materia inanimada.
28	
2.2	El Arte.
2.2.1	Arte en 2 dimensiones: las Artes gráficas.
2.2.2	Arte en 3 dimensiones: la Escultura.
2.2.3	Arte en 4 dimensiones: el Cine.
44	
2.3	La Arquitectura.
53	
	CAPÍTULO 3: Sistema fractal de organización y funcionalidad de espacios abiertos en la ciudad.
3.1	Esquema de niveles de organización.
3.1.1	Polígono de Estudio.
3.1.2	Ubicación de unidades de complejidad en el polígono de estudio.
62	
3.2	Sistema urbano: Patrón caótico en función de la escala.

62

3.3 Sistema perceptivo: Patrón caótico en función del orden.

63

3.4 La Complejidad.

3.4.1 El sistema dinámico físico y la dislocación perceptiva de espacios.

3.4.2 Signos.

3.4.3 Superposición de niveles y diferencia estructural.

3.4.4 Armonía y proporción.

84

3.5 La Autosimilitud.

3.5.1 Sistema autorreferencial y patrón periódico.

3.5.2 Signos.

3.5.3 Escala.

3.5.4 Mismo rango y detalle, iteración.

98

3.6 La Entropía.

3.6.1 Sistema dinámico y relación sinestésica.

3.6.2 Signos.

3.6.3 Lineal, no lineal y comparación proporcional.

3.6.4 Conexo y disconexo, próximo y distante.

128

3.7 La Singularidad.

3.7.1 Tensión absoluta y arquetipo.

3.7.2 Signos y símbolos.

3.7.3 Nodos, jerarquías y similitud estructural.

3.7.4 Simetría.

149

REFLEXIONES FINALES.

159

BIBLIOGRAFÍA.

Los espacios abiertos en cualquier entorno urbano, son la clave de la conexión de elementos y las actividades de los usuarios. Esta conexión es de orden complejo y existe en cada nivel de organización que compone a la ciudad. Los distintos niveles son tanto físicos como de percepción.

En las ciudades contemporáneas, diversos factores han alterado dicho orden en función de incorporarse a la nueva red urbana. Los factores son de tipo tecnológico y social, principalmente. La funcionalidad de estos espacios se ha visto alterada por la incorporación de dichos factores a la misma.

En este sentido es primordial conocer la estructura en que los espacios urbanos se relacionan, qué los afecta y qué detona su crecimiento. El objetivo es identificar y definir que esta estructura responde a un modelo matemático complejo, que por sus características, se adapta al sistema de la geometría fractal. Además de encontrar los elementos físicos y perceptivos que producen éste crecimiento y conectan los espacios en cambios de escala.

Al considerarse a la ciudad como la unidad de espacio abierto, las características de la geometría fractal pueden funcionar como la estructura de orden y patrón de conexión de la misma. Este patrón de conexión aplica para elementos físicos entre sí o espacios y la relación sujeto-objeto-espacio.

Asimismo, estos elementos adquieren mayor fuerza en cuanto la escala es menor, de esta manera, con cada iteración hacia un nivel menor, el espacio construido adquiere mayor relevancia.

El estudio y entendimiento de esta estructura puede aplicarse a la planeación de nuevos espacios y reestructuración de espacios ya existentes a diferentes escalas (arquitectónica o urbana) dentro de la ciudad, a partir de los cuales es posible obtener mayor funcionalidad, mejorar su adaptación al entorno y así responder a las necesidades de los usuarios.

A su vez, mediante la reorganización de la jerarquía de espacios, se puede recuperar hasta cierto nivel, la ciudad peatonal.

La geometría fractal es útil para entender a la ciudad como un sistema; las conexiones en los diferentes niveles de organización urbana, su comportamiento y en cómo mantener el nivel de complejidad necesario en toda ciudad, sin tornarla caótica.

Debido a que la organización de tipo fractal se encuentra en muchos de los sistemas de la naturaleza y ha demostrado gran eficiencia en el desarrollo de conexiones de alta complejidad, de acuerdo a diversos estudios en diferentes campos científicos, es una buena opción para tratar los sistemas de alta complejidad en el medio artificial, los cuales están siempre en contacto con el medio natural y su lenguaje.

El presente estudio es una muestra de como la estructura de organización de la geometría fractal puede ser aplicada a la transformación del espacio abierto urbano, materia de trabajo muy importante para el arquitecto paisajista. En la búsqueda de nuevas formas de evolución de la arquitectura de paisaje como disciplina, la geometría fractal es una buena alternativa, al ser un tema surgido del avance de otras disciplinas como la física y las matemáticas, en las que la naturaleza se aprehende de forma concreta y abstracta.

La aplicación de este tema en campos tan distintos como la economía, la sociología, la medicina, la climatología y la geografía, es prueba de la diversidad y utilidad del sistema de organización. Gran parte de las variables manejadas en estos campos no son del todo distintas a las que se toman en cuenta en arquitectura de paisaje.

Los capítulos 1 y 2 son introductorios al desarrollo del tema principal planteado. En el capítulo 1 se explica qué son y qué caracteriza a las estructuras fractales, de manera sencilla, dejando un poco de lado el formalismo matemático y dando mayor peso al enfoque teórico.

El capítulo 2 es un pequeño recorrido por las manifestaciones de la estructura fractal en el medio natural y algunas aplicaciones en las artes, de las cuales unas son de forma intuitiva y otras de forma conceptual.

El capítulo 3 se desarrolla a partir de la estructuración de un sistema fractal en base a las 4 características principales del mismo: complejidad, autosimilitud, entropía y singularidad. A través de ellas se entretajan las propiedades físicas y perceptivas del sistema de espacios abiertos urbanos.

La hipótesis de este trabajo plantea que esta estructura de análisis permitirá examinar la organización y funcionamiento de un alto número de variables tangibles e intangibles del espacio de estudio a partir de las correlaciones que existen entre ellas y con el usuario, es decir, se analizan las variables por separado y con sus conexiones físicas y perceptivas al mismo tiempo. De esta manera la visión y el conocimiento del espacio de estudio serán necesariamente más completos y permitirá entender la complejidad del sistema. Todo esto a partir de la premisa de que un sistema complejo de organización y funcionamiento, como es el espacio abierto urbano, necesita un método de análisis basado en las mismas reglas que el objeto de estudio y que se comporte de la misma forma, así este método arrojará mayores y mejores resultados, a la vez que ampliará de manera considerable el conocimiento sobre el sistema.

El objetivo de esta forma de análisis es que sea aplicable a espacios existentes y constituya una base para el diseño de nuevos espacios de alta calidad física y perceptiva congruentes con el contexto.

En este capítulo se analiza un espacio existente en la ciudad de México para aplicar el método. La zona de estudio es una parte del sistema de toda la ciudad, elegido por presentar diversas características que coexisten en el mismo espacio. Muestra una serie de trazas que si bien son en su mayoría ortogonales, el sentido de ellas cambia por la influencia de vialidad importante para el Distrito Federal como Insurgentes y Paseo de la Reforma. Esto delimita espacios distintos que representan colonias diferentes con evolución histórica similar, pero con crecimiento no lineal. Se encuentran a su vez diversas confluencias de transporte y actividades como las estaciones del metro y las plazas.

Por otro lado, el ex hipódromo de la condesa es una muestra de como la conformación del contexto absorbe y adapta grandes espacios (que fueron privados alguna vez), al espacio público de la ciudad y constituyen nuevas colonias.

Al tomar esta zona como muestra de análisis, se observan características de traza, evolución histórica (por ser las colonias Juárez, Condesa y Roma, algunas de mayor tradición en la ciudad), vialidad de diversa jerarquía, nodos, hitos y evolución espacial, presentes en todo el Distrito Federal.

Así los 3 capítulos constituyen un camino que comienza en el descubrimiento de unas extrañas estructuras llamadas fractales, que se pierden en los confines de una parte de la ciudad de México y continúan por nuevos senderos cada vez más bifurcados.

1.1 Definición.

La necesidad de conocer y entender el mundo que le rodea, es una característica inherente a la naturaleza humana. En las antiguas civilizaciones hay evidencia de esta búsqueda de conocimiento. Esto se dio a través de diversas herramientas; la Filosofía y las Matemáticas fueron algunas de ellas.

En la antigua Grecia, algunos filósofos presocráticos como Anaxágoras, creían que el universo y cada uno de sus elementos formaban un gran sistema y cada parte de él conservaba su información particular y la de todo el conjunto.

Por otro lado, Euclides hizo un razonamiento deductivo, en el que describió la naturaleza en términos geométricos. A través de la llamada geometría euclidiana estableció las figuras puras o ideales, las cuales son precisamente una gran abstracción de la esencia de la naturaleza. De esta manera establece los siguientes principios:¹

1. Un punto no tiene tamaño, por lo tanto tiene dimensión cero.
2. Una línea es una sucesión de puntos, que no posee ni ancho ni grueso, sino sólo longitud, tiene dimensión uno.
3. Una superficie que no posee ancho, tiene dimensión dos.
4. Un cuerpo sólido tiene dimensión tres.

Sin embargo, las figuras geométricas tradicionales no se adaptan a las formas naturales; el sol no es una esfera ni las montañas son conos. En la naturaleza y sus fenómenos parece haber un patrón de organización mucho más complejo. A pesar de ello, durante muchos siglos, no hay mayor énfasis en este estudio y la geometría euclidiana fue la herramienta para el desarrollo de ciencias como la Química y la Física. Así el pensamiento determinista de la ciencia, aquel en el que se cree que ésta puede describir perfectamente cualquier fenómeno natural y predecir su comportamiento futuro con exactitud, desarrolló la revolución científica de la Física clásica o newtoniana, durante el Renacimiento.

¹ Braun, Eliezer. *Caos, fractales y cosas raras*. pág: 12.

La Física clásica establece que es posible conocer el comportamiento futuro de cualquier fenómeno, si se conocen las condiciones iniciales del mismo. Aún así, existían casos en que los fenómenos no se comportaban de acuerdo a lo previsto.

El siglo XX trajo una nueva revolución científica, la cual cambió completamente la concepción de la naturaleza y de la ciencia misma. La mayoría de los historiadores de la ciencia están de acuerdo en que nuestra época está definida por tres grandes teorías: la Teoría de la Relatividad, la Teoría Cuántica y la Teoría del Caos. Estas teorías establecen la Física moderna.

Con el desarrollo de esta nueva ciencia, la naturaleza se muestra como un gran sistema de relaciones muy complejas y en algunos casos imprevisibles.

Desde el punto de vista científico, “la Teoría del Caos se especializa en los sistemas dinámicos de la Naturaleza que obedecen a ecuaciones de tipo no lineal, es decir, aquellas en las que el resultado obtenido no es una función lineal de los factores que se incluyen en la ecuación, dando origen a nuevos factores de desorden, a lo imprevisible, y a la aparición, consecuentemente, de caos”.² En los sistemas que tienden al caos, la estructura original tiene un comportamiento estable y se desarrolla según el modelo acción-reacción, pero conforme pasa el tiempo, en el procedimiento aparecen nuevas variables que alteran al sistema y no se relacionan con las condiciones iniciales. Sin embargo estas alteraciones aparecen de manera perfectamente periódica, es decir, aparecen cada cierto tiempo en el sistema y tienen la misma duración, de manera que, el comportamiento caótico del sistema establece características ajenas al patrón original, además es perfectamente ordenado porque es regular en aparición y duración.

Este comportamiento caótico es bien conocido en diversos sistemas de distintas áreas del conocimiento. Como ejemplo está el famoso efecto mariposa, tan aplicado en Climatología, el cual indica que el aire que mueve una mariposa con sus alas al volar en China, puede desencadenar un movimiento que derive en una tormenta en las costas de EUA. Por esta razón las predicciones climáticas son tan difíciles de hacer y pocas veces son del todo acertadas, debido a que no

² Alvarado Planas Jorge. *La estética del caos*.

1.1 Definición

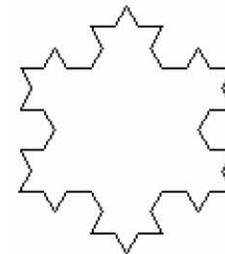
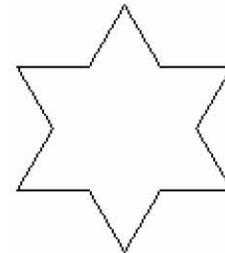
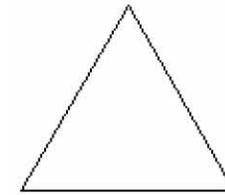
considerar un factor tan simple como una mariposa, tiene en el desarrollo del sistema una gran repercusión.

El caos está precisamente entre la acción y la reacción. De forma lógica se supone una relación estrecha entre las condiciones iniciales y la reacción, no obstante, la clave está en la relación estrecha entre las condiciones iniciales y el patrón caótico. Esta relación permitirá aumentar la certeza sobre la reacción. Sin embargo no es fácil saber cuando se ha descubierto al patrón caótico en su totalidad o sólo se tiene una parte del mismo. Si se logra descifrar gran parte del patrón caótico, será mucho más factible hacer predicciones más certeras sobre el comportamiento futuro de un sistema.

En 1903 el científico Poncairé, explicaba que en el estudio de algunos fenómenos, un pequeño cambio en las condiciones iniciales, hacía imposible la predicción del desenlace, debido a la gran cantidad de sucesos alterados.

En el campo de las matemáticas, en 1904 la científica sueca Helge von Koch, establece un modelo geométrico que sigue el patrón de desarrollo de ciertos fenómenos físicos. La curva de Koch se obtiene a través de un triángulo equilátero inicial, al cual se le añade a cada lado otro triángulo equilátero de tamaño 3 veces menor al original. Al repetir esto varias veces, se forma un figura prácticamente indibujable por su grado de detalle.³ Sin embargo, esto no pasó de ser una curiosidad matemática.

En 1975 Benoit Mandelbrot retomó estos estudios y se dio cuenta que la curva de Koch posee prácticamente un perímetro infinito y un área finita. De acuerdo con la relación de perímetro y área de la geometría euclidiana, el resultado es siempre un número entero: 1,2 ó 3, según la dimensión. En la curva de Koch el resultado es 1.263, una dimensión fraccional. Esto literalmente significa que la curva de Koch es más que una línea, pero menos que una superficie.



Primeras 3 iteraciones de la curva de Koch.

³ Talanquer, Vicente. *Fractus, fracta, fractales*. Pág: 13.

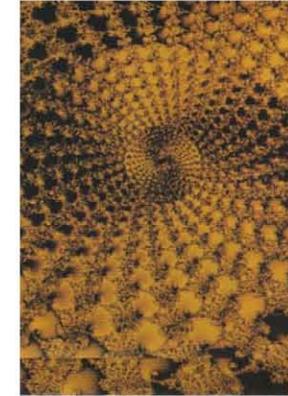
1.1 Definición

Mandelbrot estudió este tipo de figuras en casos como la longitud de la costa de Gran Bretaña y las hojas de helechos. Encontró fenómenos en la naturaleza que exhibían este patrón geométrico, hasta darse cuenta que las figuras euclidianas son en realidad muy escasas. Esta era la verdadera geometría de la naturaleza. A estas estructuras las denominó fractales (del latín *fractus* irregular), al ser generadas por un proceso de repetición, poseen detalle a toda escala, tienen longitud infinita, no son diferenciables y exhiben dimensión fraccionaria.⁴ En otras palabras un fractal **es una forma geométrica, que contiene una imagen de sí misma en cada una de sus partes. Contiene la misma estructura en cada parte y en las partes de sus partes, pero hay un espacio infinito entre cada nivel.**

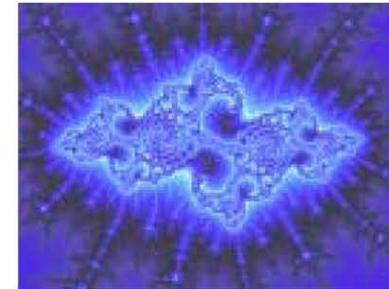
La geometría de fractales ha resultado muy útil en diversas aplicaciones de la teoría del caos, ya que esta geometría aplicada a diversos sistemas, demuestra que aún en situaciones caóticas, las irregularidades se presentan por periodos, es decir, aparecen de forma regular. No son únicamente figuras que se repiten a sí mismas, sino que constituyen una red de interconexión de variables perfectamente organizada a todas las escalas, a su vez que conservan el mismo nivel de complejidad en cada escala y la información de cada escala en relación al todo. Esta geometría se muestra como un sistema dinámico muy sensible a las condiciones iniciales en que se presenta.

Los fractales se clasifican, por su origen en:

- 1. Lineales:** este tipo de fractales representa formas relativamente sencillas, las cuales se repiten en las partes de sus partes de manera íntegra.
- 2. No lineales:** este tipo de fractales representa formas sencillas y complejas, las cuales se repiten en las partes de sus partes, de manera que en cada nuevo nivel de detalle (iteración) aparece un nuevo elemento que se incorpora a la imagen sin perder la esencia del conjunto.



Fractal lineal



Fractal no lineal

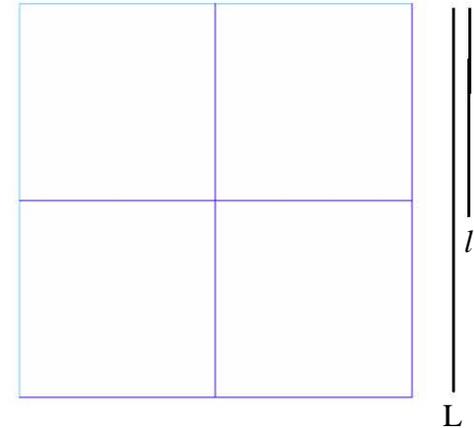
⁴ Ibid. Pág: 25.

1.1 Definición

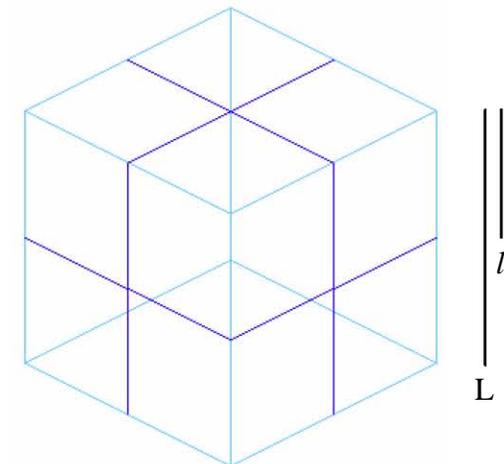
Paso 1: Por ejemplo, si se toma una línea recta de longitud $L=1\text{m}$ y se divide en 3 partes iguales, cada parte será $l=1/3\text{m}$ de longitud. De esta forma, el número de veces (N) que la línea L se puede partir, está determinado por las veces que cabe l en L, esto es, $N=L/l = (L/l)^1=3$.



Paso 1



Paso 2



Paso 3

Paso 2: Si en esta ocasión se toma una hoja de papel en forma cuadrada de lado $L=1\text{m}$, a la que se secciona en cuadrados de lado $l=1/2\text{m}$ y área $l^2=1/4\text{m}^2$. Ahora el número de veces que el cuadrado de $L=1\text{m}$ se puede partir es $N=L^2/l^2 = (L/l)^2=4$.

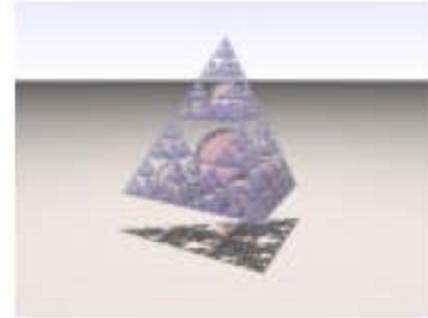
Paso 3: Al tomar ahora un cubo, cuyo lado es $L=1\text{m}$, al que se secciona en $l=1/2\text{m}$ y el volumen de cada sección es $l^3=1/8\text{m}^3$. el número de particiones es $N=L^3/l^3 = (L/l)^3=8$.

1.1 Definición

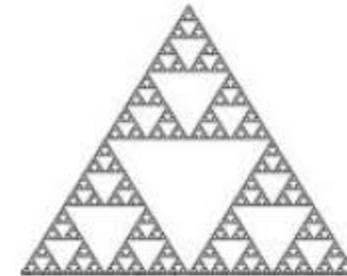
A partir de esto, se define que el número de secciones se determina por $N=(L/l)^{df}$, donde df es la llamada dimensión de Hausdorff⁵ del objeto. Esta relación aplica tanto a la figura total, como a las secciones. Al hacer el despeje de la fórmula anterior, se obtiene que la dimensión de Hausdorff $df=\log(n)/\log(L/l)$

En un triángulo equilátero⁶ de $L=1$ y se divide en secciones a la mitad en $l=1/2$ ó $L/l=2$, se obtienen 4 secciones, $N=4$. de esta forma $df=\log(4)/\log(2)=2$, el objeto tiene dimensión 2.

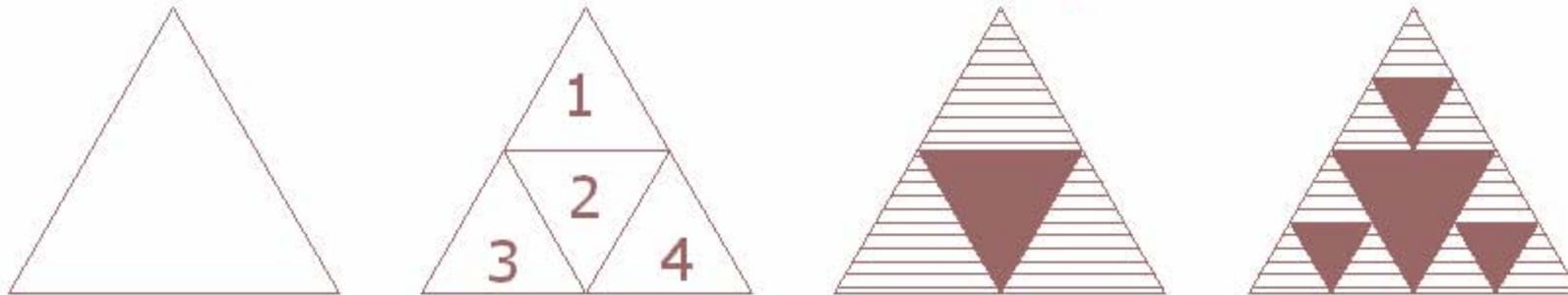
Ahora se extrae la sección central, por lo que $N=3$. Se repite el procedimiento sobre cada una de las 3 secciones dadas, se extrae la parte central de cada sección, lo cual se hace de manera constante y se repite el procedimiento una y otra vez. Para obtener df , se considera que cada vez que la longitud de cada lado del triángulo se reduce a la mitad, aparecen 3 triángulos más, así $df=\log(3)/\log(2)=1.584$, un objeto de dimensión fraccional o fractal. A esta figura se le conoce como triángulo de Sierpinski.⁷ En su forma tridimensional se conoce como Esponja de Menger.



Esponja de Menger



Triángulo de Sierpinski



⁵ Ibid. Pág: 20.

⁶ Ibid. Pág: 20.

⁷ Ibid. Pág: 21.

1.1 Definición

Otro ejemplo útil es mediante la relación entre dimensiones según la geometría euclidiana. Para el caso de un cuadrado el perímetro elevado al cuadrado es igual a 16 veces el área que encierra.⁸ Si $L=3\text{cm}$, $P=4L$, entonces $P=4 \times 3=12\text{cm}$. Al elevarlo al cuadrado, se obtiene $P^2=(12\text{cm})^2=144\text{cm}^2$.

El área del cuadrado es $A=L^2$, entonces $A=(3\text{cm})^2=9\text{cm}^2$, pero $144=16 \times 9$, por lo tanto $P^2=16 \text{ área}$.

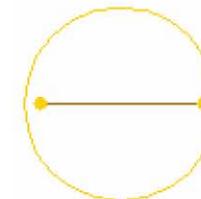
También es posible establecer una relación entre volumen y área. Para un cuerpo cúbico, el cubo de su área es 216 veces el cuadrado del volumen contenido en ese cuerpo.⁹ Si $L=2\text{cm}$, el área de cada cara es 4cm^2 , multiplicado por las 6 caras son 24cm^2 . si se eleva el área al cubo, $A^3=(24\text{cm}^2)^3=13\,824\text{cm}^6$.

El volumen del cubo $V=L^3=(2\text{cm})^3=8\text{cm}^3$. si se eleva el volumen al cuadrado, $V^2=(8\text{cm}^3)^2=64\text{cm}^6$, pero $13\,824=216 \times 64$, por lo tanto $A^3=216 V^2$. en el caso de los fractales, estas relaciones no se satisfacen, ya que $A^3=C V^a$, en la cual C es un valor análogo al 216 de la relación anterior y a muestra la dimensión fractal del objeto, al tener valor fraccional.¹⁰

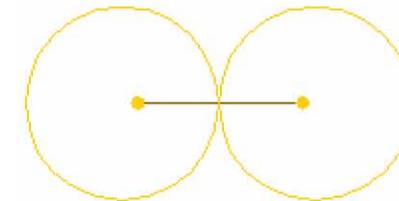
En los años 80, Mandelbrot recuperó del matemático francés Gaston Julia, el análisis sobre los números complejos cuando la iteración consiste en elevarlos al cuadrado y sumar una constante al resultado: $z_{n+1}=z_n^2 + c$, donde c también es un número complejo. Si se aplica ésta fórmula una y otra vez sobre cada resultado, se generan órbitas bien definidas cuyas características dependerán del valor de c . Si esto se aplica sobre todos los puntos del sistema, el punto tiende al infinito ($z \rightarrow \infty$). Si se selecciona un conjunto de puntos cerrado, el resultado será un valor definido y los puntos generadores son llamados *prisioneros*, el conjunto de números es finito. Los puntos prisioneros constituyen el *cuerpo* de un conjunto de Julia. Cuando el cuerpo está formado por una sola pieza, se dice que es conexo y cuando el cuerpo está formado por colecciones de puntos más o menos aisladas, se dice que es disconexo. Dicho de otra forma, cuando 2 puntos dentro del conjunto pueden unirse a través de una línea, la figura es conexa y cuando 2 puntos dentro del conjunto no pueden unirse a través de una línea, la figura es disconexa. Estas características son mejor apreciadas en la imagen del fractal, si es una sola forma, o varias formas conectadas.



Conjunto de Julia



Conjunto conexo



Conjunto disconexo



Conjunto de Cantor

⁸ Braun Eliezer, *caos, fractales y cosas raras*. Pág: 28.

⁹ Ibid. Pág: 29.

¹⁰ Ibid. Pág: 30.

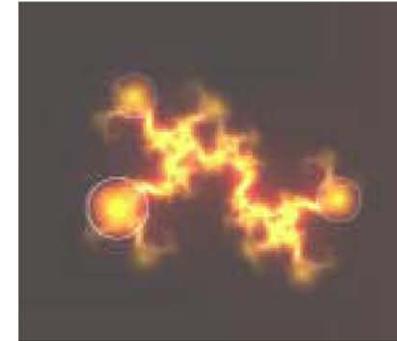
1.1 Definición

También se relaciona con la característica de la linealidad y la no linealidad. Los cuerpos disconexos (conjuntos de Cantor) son no lineales en sus iteraciones.

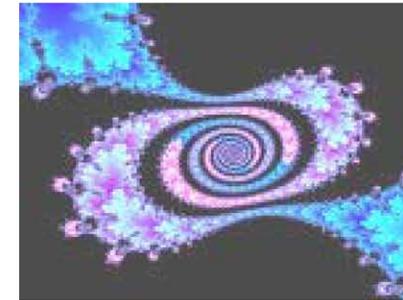
Es importante hacer notar que en las dimensiones fractal se ocupa un máximo de superficie en el mínimo espacio, además de que aún en condiciones aparentemente caóticas existe un sistema con alto grado de orden.

Para fines prácticos, en cuanto a imagen, los fractales con cuerpo conexo son aquellos que muestran una figura de un sólo elemento y son generalmente lineales. Los fractales de cuerpo disconexo son aquellos que muestran una figura compuesta por 2 o más elementos y son no lineales.

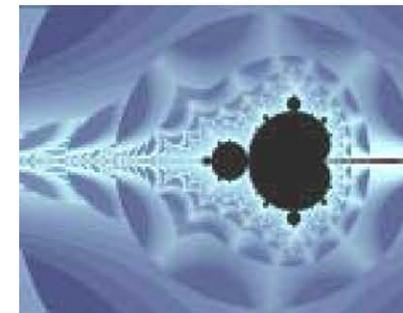
Los valores de c que originan formas fractales conexas no poseen valores al infinito cuando la iteración se aplica al origen $z_0=(0,0)$, este punto tiene un conjunto finito. Si z_0 tiende a un conjunto infinito, el conjunto es disconexo. El conjunto de valores para c que originan formas conexas, se conocen como Conjunto de Mandelbrot.¹¹ Sin embargo, debido a que en cada cambio de escala aparece algún nuevo elemento, es de tipo no lineal.



Fractal cuyo origen es un conjunto finito



Fractal cuyo origen es un conjunto que tiende al infinito



Conjunto de Mandelbrot

¹¹ Talanquer Vicente. *fractus, fracta, fractal*. Pág: 38.

1.2 Características y propiedades.

Las características y propiedades que se derivan de las mismas en los fractales son:

- *Complejidad*: desde el punto de vista matemático, es la presencia de un excedente de variables, cuyas correlaciones no pueden vincularse o predecirse en el futuro con certeza. Desde el punto de vista estético, se refiere a la cantidad y calidad de conexiones que existen entre los objetos que forman el conjunto a diferentes escalas. Aquí la idea de complejidad se une al concepto de tiempo y cómo afecta éste a la obra en cuestión. Características estéticas como la tensión y la armonía son esenciales para establecer el nivel de conexión entre objetos. La correlación de elementos espaciales, artísticos, perceptivos y sociales que se desarrollan en el mismo sitio y tienen una organización propia, dan una idea de la complejidad en los espacios arquitectónicos.
- *Autosimilitud*: desde el punto de vista matemático, el objeto mantiene forma similar a sí mismo en todas las escalas, esto es que mantiene la estructura básica, aunque en el cambio de escala aparezcan nuevos elementos. Desde el punto de vista estético, el objeto tiene la misma estructura en cada parte y el tipo e interrelación de conexiones son idénticos en cada escala. En los espacios abiertos, nuevos elementos se incorporan al sistema establecido, sin embargo la conexión de los espacios con los objetos y sus actividades, se mantiene.

- *Entropía.* Es la medida de la cantidad de desorden en un sistema¹² y la tendencia del sistema al desorden. Nunca decrece en ninguna interacción física. Por ejemplo, si se tiene una caja en la cual hay un montón de arena blanca y un montón de arena negra sin mezclarse y comienza a revolverse con la mano en un sentido, entre más se revuelva la mezcla adquirirá cada vez una tonalidad de gris más oscura, es decir la arena está cada vez más mezclada y más desordenada. Sin embargo aunque se comenzara a revolver la mezcla en sentido contrario, por más que se revuelva hacia el otro sentido, la mezcla no se revertirá y no se volverán a tener los 2 montones de arena blanca y arena negra por separado, como al inicio. La tendencia al desorden de los granos de arena es irreversible. Esto permite a los sistemas, incluyendo a los espacios abiertos, evolucionar y adaptarse al contexto.
- *Singularidad:* se refiere a los puntos críticos donde las cualidades y cantidades de un sistema descienden a un cambio fundamental.¹³ En Matemáticas se define como un punto de inflexión; en Física como el punto donde no aplican las leyes físicas. Es el umbral del caos. Desde el punto de vista estético es el elemento que detona un cambio en la composición y una fuerte tensión hacia los demás elementos, posee la mayor jerarquía. Existen por ejemplo, ciertas actividades que son capaces de cambiar radicalmente la imagen original de un sitio y marcan así una singularidad en el sistema de ese espacio.

¹²Barrow, John. *El lado izquierdo de la creación* Pág: 352.

¹³Barrow, John. *El lado izquierdo de la creación*. Pág: 88.

1.3 Conceptos relacionados.

- *Caos*. Se refiere a la no coherencia dentro de un sistema, pero cabe la posibilidad de hacer predicciones de largo alcance sobre el comportamiento del mismo. Desde el punto de vista estético, es el efecto de combinar la armonía y la tensión dentro del mismo sistema. Hay una fuerte tendencia a romper la armonía, pero dentro de esa aparente ruptura en algunos niveles, existen patrones que conservan dicha armonía en el conjunto. El caos se manifiesta como la sucesión de varios ordenes, ritmos de relaciones presentes en el sistema e interconexiones entre eventos.¹⁴ Esto aplica a los espacios y la percepción del usuario de los mismos como una relación de procesos dinámicos e interactivos.
- *Condiciones iniciales*. Es toda la información que va a tenerse en cuenta sobre el fenómeno y que está antes de comenzar la interacción. Desde el punto de vista estético, son los requerimientos iniciales de una obra y los elementos con los que se va a trabajar que ya están presentes.
- *Dimensión*. Son las magnitudes de un conjunto que definen un fenómeno. El tamaño en función del patrón de medida de un elemento. La dimensión en los espacios abiertos es una importante característica para su clasificación y estudio.
- *Iteración*. Son las distintas escalas o niveles presentes en un sistema fractal. Desde el punto de vista estético, son los distintos niveles de la obra y el equivalente a un acercamiento o zoom hacia alguna de las partes que lo integran.
- *Predictibilidad*. Es una característica de investigación referente a la cantidad de condiciones finales que pueden determinarse en un fenómeno antes de que éste suceda. Depende del grado de complejidad y no siempre de las condiciones iniciales. Desde el punto de vista arquitectónico, está relacionado al estudio post apropiación de la evolución de un espacio.

¹⁴ Gausa Manuel. *Dynamic time (in)formal order*. En Surroundings surrounded. Pág: 218-219.

- *Simetría*: marca el límite entre el orden y el caos. Desde el punto de vista matemático, las ecuaciones de simetría pueden tener resultados asimétricos, es decir, los casos particulares rompen la simetría. La presencia de ciertas asimetrías, es evidencia de tendencia caótica. En los fractales no lineales, aparece a través de las iteraciones. Desde el punto de vista estético, es la armonía en la proporción adecuada de las partes de un todo y en muchos casos funciona como eje de composición. De acuerdo con el concepto de simetría griega la armonía y la proporción en la simetría, son necesarios para estructurar un sistema ordenado que contraste con el caos.¹⁵ La simetría tiene propiedades geométricas, las cuales son:¹⁶
 1. Similitud: en una transformación simétrica las distancias cambian entre los puntos correspondientes de 2 objetos, pero los ángulos se conservan, es decir, no hay rotación, de esta forma el objeto resultante es muy parecido al original.
 2. Afinidad: en esta transformación las líneas rectas se conservan, pero los ángulos no, por lo que el objeto sufre una rotación.
 3. Topológica: las relaciones entre los puntos que forman el objeto se conservan, pero los ángulos y las líneas rectas no. Un ejemplo es una esponja sin apretar y una esponja apretada.

La simetría existe si bajo cualquier transformación de cualquier tipo al menos una propiedad del objeto no varía.¹⁷ Con esto entiendo que la simetría nunca es perfecta. Un patrón es simétrico si puede generarse a través de una regla simple y las transformaciones son congruentes, de manera que el objeto final muestre el todo del objeto inicial aunque algunas partes hayan cambiado.¹⁸

La aparente irregularidad de algunos casos, no puede considerarse asimetría. En el caso de espacios arquitectónicos, pueden estar presentes tanto actividades como objetos, que se consideran simétricos si al menos una característica en común no cambia.

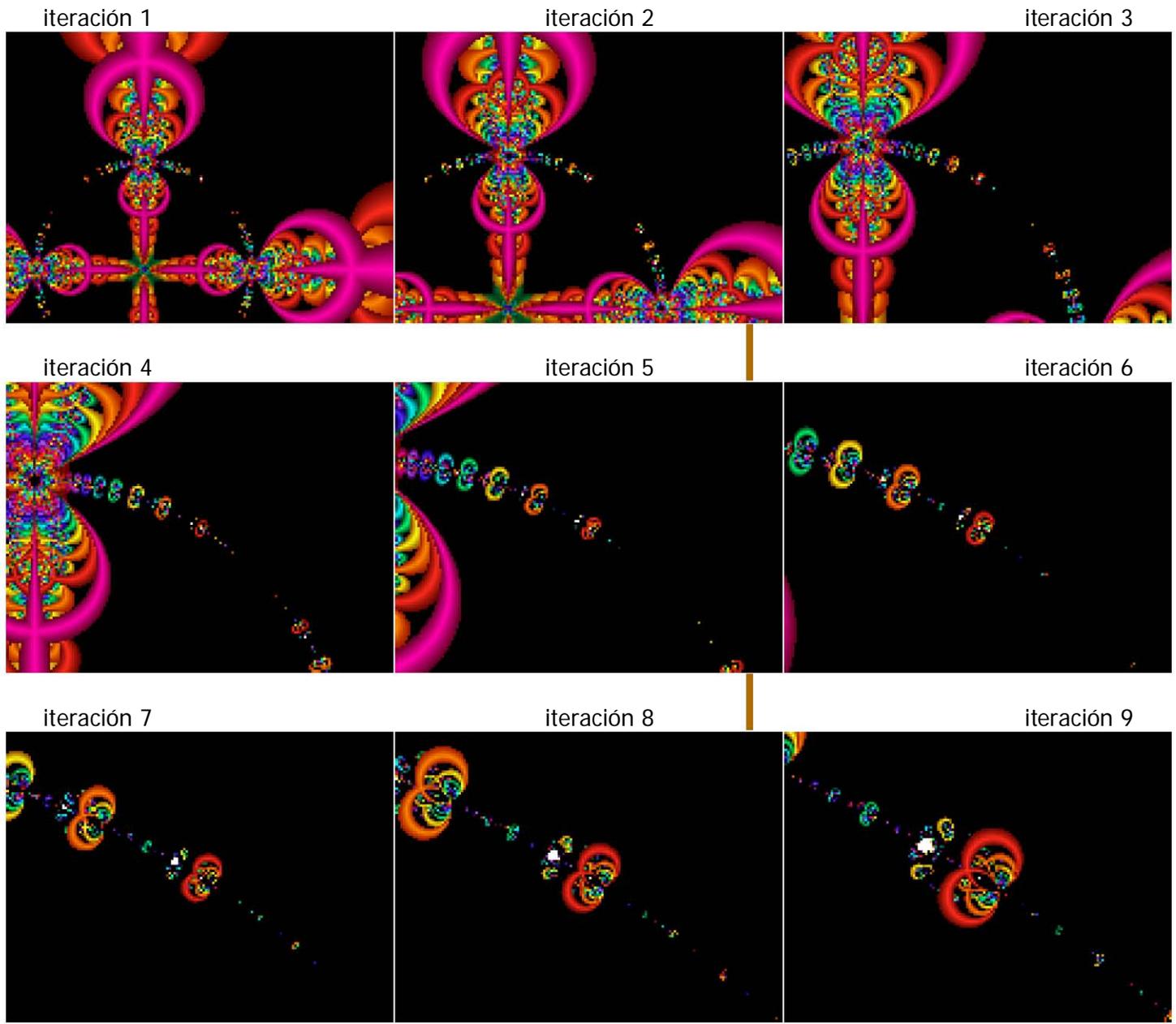
¹⁵ Darvas György. *Symmetry and asymmetry in our surroundings* en Surroundings surrounded. Pág: 137.

¹⁶ Ibid. Pág:139.

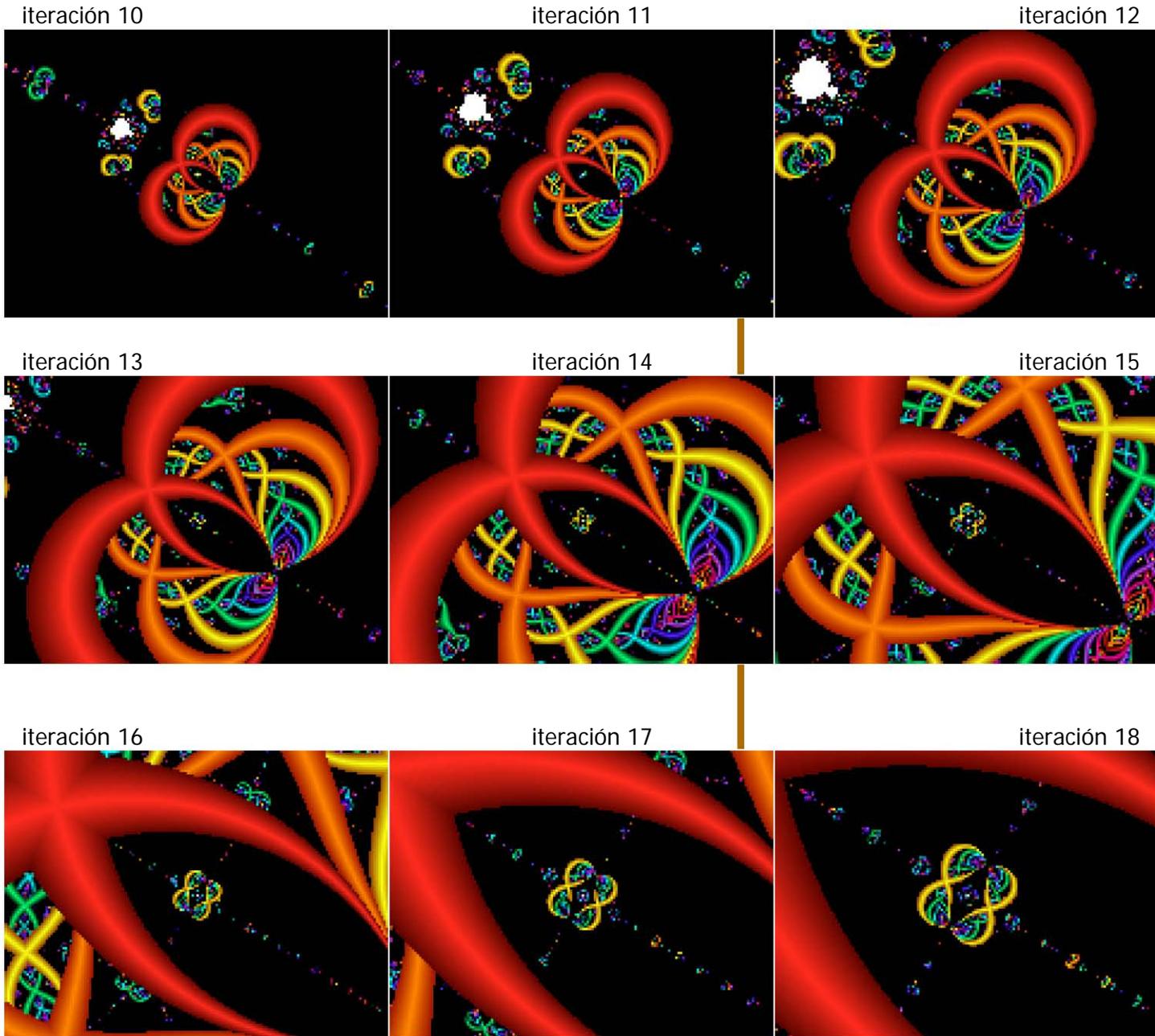
¹⁷ Ibid. Pág: 142.

¹⁸ Hargittai István. *Symmetry within and without*.en Surroundings surrounded. Pág: 283.

Fractales y sus iteraciones:



¿Qué es un fractal?



¿Qué es un fractal?

Capítulo 2: Fractales en la Naturaleza y en el Arte

2.1 La Naturaleza.

La naturaleza ha demostrado siempre tener un alto grado de complejidad y un estricto sistema de orden muy eficaz. Estas características han movido a científicos y artistas a estudiarla e imitarla como ideal de belleza. Si bien la perfección no existe, al menos en el sentido conceptual, el medio natural es lo más cercano a lo perfecto.

Para poder mantener en equilibrio desde la partícula subatómica más pequeña hasta un sistema de galaxias, es necesario tener un sistema de orden jerarquizado, a partir de elementos muy simples, para alcanzar altos niveles de complejidad en los estratos superiores.

Por otro lado, es necesario almacenar información sobre el sistema con la mayor eficacia y en el menor espacio posible. Con estos requerimientos, la estructura formal y de ordenamiento de los elementos del medio natural debe responder a un tipo de geometría muy especial: la geometría de fractales. La naturaleza ha evolucionado a través de este tipo de geometría.

En el medio natural, la complejidad a partir de los fractales, es tanto formal como funcional. Toda la materia es parte de un sistema complejo de organización, el cual incluye no sólo al medio natural, sino también al medio artificial. Los seres vivos y los no vivos presentan dicha complejidad, algunos casos en su estructura corporal y en otros casos en sus funciones vitales (en el caso de los seres vivos) o en su estructura de ordenamiento (en el caso de los seres no vivos).

2.1.1 La materia animada:

Los seres vivos presentan organización de tipo fractal, tanto en sus estructuras corporales, como en sus ciclos biológicos.

Algunos animales como el Nautilus (un tipo de molusco) poseen una concha en forma de espiral con propiedades de fractal; es autosimilar y es una estructura de gran protección. La parte exterior de la concha crece a una velocidad mayor que la parte interna, de acuerdo al código genético del animal, a esto se le llama espiral logarítmica, lo cual es un fractal¹.

La estructura de las alas de las aves, presentan estructura fractal. La estructura central de las alas, parece distinta a la estructura perimetral, pero al cambiar de escala y acercarse a las partes cada vez más pequeñas, se encuentra un patrón de autosimilitud. Dentro de las alas hay unas pequeñas estructuras llamadas barburillas, que contienen una especie de micro válvulas de aire, que le permiten al ave volar, cuyo sistema es similar a los huesos que sustentan dichas alas².

Al observar la estructura de la hoja de un árbol, se puede notar que su nervadura es autosimilar a la estructura de la posición de las hojas en la rama del árbol y a su vez, es autosimilar a la estructura de la posición de las ramas en relación al tronco del árbol. Se puede decir que en una hoja está la estructura del árbol completo.

De forma parecida sucede si se observa la estructura de algunas verduras, como la coliflor o algunas flores, como el girasol. Los trozos de la coliflor, tienen una estructura muy parecida a la que tiene la cabeza completa. La estructura de la corteza de una piña muestra una serie de espirales autosimilares que coinciden en el mismo punto, aunque en apariencia sean distintos. Los ejemplos anteriores muestran el aspecto formal en el que los fractales aparecen en la naturaleza.



Nautilus



Coliflor



Cáscara de piña



Girasol



Alas de ave

¹ Kappraff Jay. *Connections: the geometric bridge between art and science*. Pág: 48-49.

² Castro María Antonia. *La geometría fractal describe la belleza de infinito en la Naturaleza*.

Desde el punto de vista funcional, los fluidos que van desde la raíz del árbol hasta la punta de la hoja más lejana, pasan por una red de transporte que disminuye de escala y aumenta de complejidad conforme se acerca a la hoja. En este nivel la estructura es mucho más especializada.

En el caso del cuerpo humano las redes neurales y vasculares, presentan el tipo ya mencionado de ramificación. Las arterias tienen una dimensión de 2.7: fractal. Desde la aorta principal hasta los capilares, las arterias se ramifican en partes cada vez más delgadas. Todo el sistema circulatorio debe comprimir una superficie muy grande, en un volumen relativamente pequeño³, como es el cuerpo humano. A pesar de ello ocupan sólo el 5% del cuerpo.

Los pulmones son también resultado de un sistema fractal de alta eficiencia. En el ser humano ocupan un volumen corporal pequeño en comparación con los 100m² de superficie que almacenan⁴.

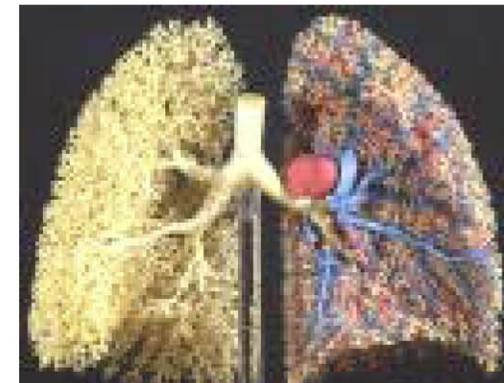
El cerebro también emplea una estructura fractal. Si el volumen del cerebro de los mamíferos va de 0.3ml a 3 000ml y la proporción materia gris-materia blanca es prácticamente la misma en todos, entonces el cerebro debe ser autosimilar a varias escalas para poder acomodarse en pliegues y entrar en la cavidad craneana⁵.

Para poder originar sistemas de alta complejidad y estructura fractal en el cuerpo humano, es necesario que la fuente de información esté organizada de forma similar. Esta es la explicación por la cual la molécula de doble hélice de ADN, es capaz de codificar la sorprendente cantidad de información necesaria para formar un ser vivo.

Como el comportamiento caótico también se asocia a las estructuras fractales, ha resultado muy útil el estudio de dichas estructuras, en el campo de la medicina, para entender algunos fenómenos como el comportamiento cerebral y cardíaco.



helecho



Patrón hexagonal
Modelo del pulmón humano

³ Braun Eliezer. *Caos, fractales y cosas raras*. Pág: 102.

⁴ Ibid. Pág: 103.

⁵ Ibid. Pág: 101.

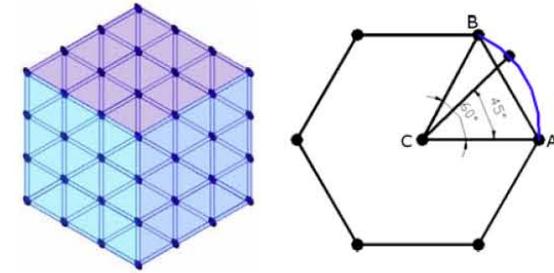
Por ejemplo, el movimiento de los ojos en personas con esquizofrenia cuando tratan de fijar la vista en un péndulo, puede deberse a una combinación en la aparición de un patrón caótico en el funcionamiento del ojo, con un patrón caótico en los impulsos eléctricos provenientes del cerebro.

En el caso del corazón, los impulsos eléctricos provenientes del cerebro, dilatan y contraen el músculo con cierto ritmo. En este ritmo hay un patrón caótico, el cual puede provocar una fibrilación⁶ (el corazón recibe una descarga en la que entra en un estado intermedio entre la contracción y la dilatación) y matar a la persona, pero también le permite adaptarse a los cambios y soportar altas y bajas de presión sanguínea.

2.1.2 La materia inanimada:

Dentro del estado sólido, los cristales se forman a través de redes periódicas de átomos, es decir, su arreglo se repite. Tienen simetría de tipo similar, en el que al trasladar el cristal a determinada distancia, el patrón es el mismo. Además cada celda, como parte de la red tiene simetría de afinidad, ya que al girarla sobre cierto ángulo a partir de un punto que esté en el centro de una celda, es posible recuperar toda la red. En una celda hexagonal, por ejemplo, al realizar un giro a partir del punto C en un ángulo de 60°, los puntos A y B son parte de la red. Por eso se dice que la red hexagonal tiene simetría de 60°; ya que $360^\circ/60^\circ=6$. si el ángulo de giro fuera 45°, el punto D estaría fuera de la celda y no sería posible la reproducción. Lo importante de este ejemplo es hacer notar que cada figura posee ángulos definidos, en los cuales las operaciones simétricas son válidas. Generalmente el ángulo se obtiene a partir de dividir 360° entre el número de lados de la figura, aunque el pentágono y su simetría de 72°, son la excepción.

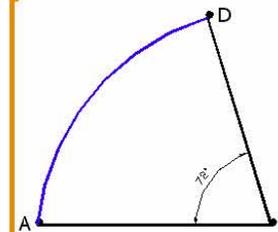
De acuerdo con la Teoría del estado sólido, para 2 dimensiones sólo son posibles las simetrías de 60°, 90°, 120° y 180°. La simetría de 72° estaba prohibida. Debido a que se toma la distancia AB como la mínima entre átomos (paso 1), al girar la red 72°, el punto A caería en el D (paso 2) y el punto B en el C (paso 3). La distancia CD, es menor a AB, la cual se definió como mínima, por lo tanto CD no puede existir y la simetría de 72° no es válida (paso 4).



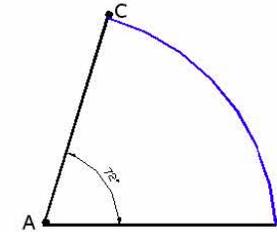
Red cristalina



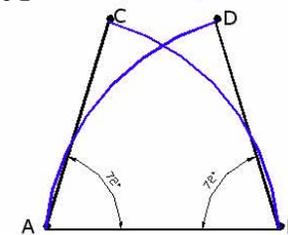
Paso 1



Paso 2



Paso 3



Paso 4

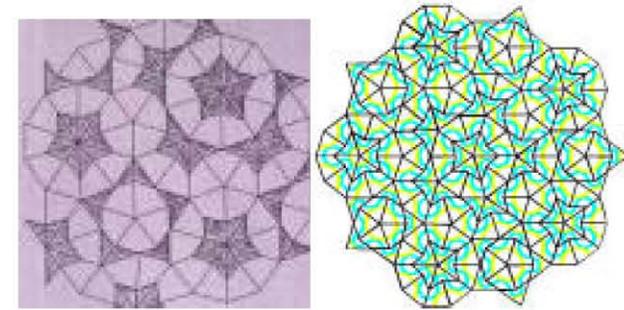
⁶ Ibid. Pág: 99.

A pesar de ello, se descubrió una aleación de Aluminio-Manganeso que presenta simetría de 72° .⁷ El patrón que presentan los cristales es perfectamente ordenado, como un bosque que responde a una plantación a partir de una retícula. Por otro lado el patrón de los vidrios es completamente desordenado, como un bosque natural cuya vegetación está ubicada al azar. El orden de la aleación de Aluminio-Manganeso está justo en medio, parece un patrón desordenado, pero de aparición periódica, como plantar orquídeas sobre una retícula ortogonal.⁸ A simple vista las orquídeas se extienden en desorden, pero su ubicación responde a una retícula perfectamente ordenada. A estas estructuras se les llama cuasicristales.

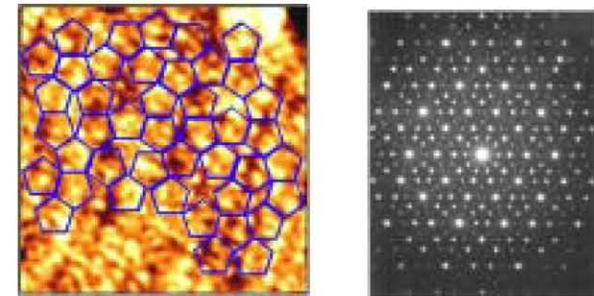
Una forma útil de ilustrar esta estructura es por medio de los *azulejos* de Penrose. Estos surgen a partir del problema de no poder cubrir nunca, sin importar el tamaño, una superficie con formas pentagonales sin que quede un espacio sin cubrir. En una pared con azulejos en forma de pentágonos, siempre queda un espacio sin cubrir.

Se descubrió un acomodo para los azulejos, en función de su simetría de 72° , pero sin usar pentágonos. En lugar de ellos se usarían 2 rombos, uno ligeramente más pequeño que el otro, los cuales al acomodarse forman una estrella pentagonal, es decir, se tiene la simetría pero no los pentágonos. A simple vista parecen formas regulares, pero al mirar más de cerca, las piezas presentan algunas irregularidades. Aunque el lado de todos los rombos tiene la misma longitud, la proporción del área de los rombos grandes con relación a los más pequeños es 1.618. si se saca la tangente del ángulo de centro a centro, el valor es 0.618, el valor de la sección áurea.⁹

La sección áurea es un valor periódico que aparece en la serie de Fibonacci: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, ... La regla de la serie consiste en sumarle a cada número el número anterior. Al dividirse cada número entre el siguiente, conforme se avanza en la serie, el resultado de la división es 0.618 y se mantiene estable. La serie de Fibonacci es de tipo fractal, porque es autosimilar y se acerca de un comportamiento caótico a un orden periódico, y a partir de este ordenamiento, se estructuran los cuasicristales.



Azulejos de Penrose



Estructura de cuasicristales

⁷ Ibid. Págs: 74-80.

⁸ Von Baeyer Hans. *Impossible crystals*. En Surroundings surrounded. Pág: 37.

⁹ Ibid. Págs: 36-42.

2.2 El Arte.

El ser humano en su necesidad de interpretarse a sí mismo y a su entorno, ha buscado los elementos que conforman su realidad. La naturaleza se aprehende a través de la percepción de sus características, su comportamiento y sus leyes. La estructura de organización de la geometría de fractales, que se encuentra en la naturaleza, se ha percibido en las artes de forma intuitiva.

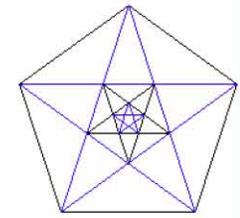
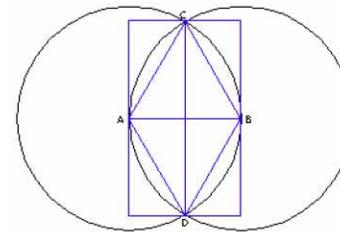
A partir del siglo XX, con los grandes avances científicos, se enfatizó la percepción de esta estructura en el Arte y su interpretación se ha modificado con el tiempo y las tendencias.

2.2.1 Arte en 2 dimensiones: las artes gráficas.

La Pintura y en años más recientes el Assemblage, el Collage, la Fotografía, el Diseño y la Novela Gráfica, son las disciplinas que más han trabajado en plasmar los fractales en el mundo del arte.

Durante el Renacimiento, la proporción y la similitud en geometría fueron muy utilizadas en el Arte. Dentro del Arte Sacro, la proporción Vesica Piscis, basada en la similitud geométrica mediante la intervención de algunos patrones externos, fue muy importante. Esta proporción surge a partir de la región delimitada por 2 círculos con el mismo radio, en donde en centro de un círculo se intersecta con la circunferencia del otro y viceversa. Los puntos de intersección de los centros y las circunferencias, forman 2 triángulos equiláteros invertidos. El rectángulo que se forma a partir de estos triángulos, tiene la proporción $\sqrt{3}:1$.¹⁰ Esta unidad utiliza el principio de repetición de radios para encontrar el patrón común, que permite aumentar el tamaño sin perder la forma ni la proporción.

Los artistas más representativos, que utilizaron esta proporción fueron los pintores Hieronymus Bosch, el Bosco (1450-1516) y Alberto Durero (1471-1528).



Proporción Vesica Piscis



Obra de Hieronymus Bosch, "El Bosco"



Obra de Alberto Durero

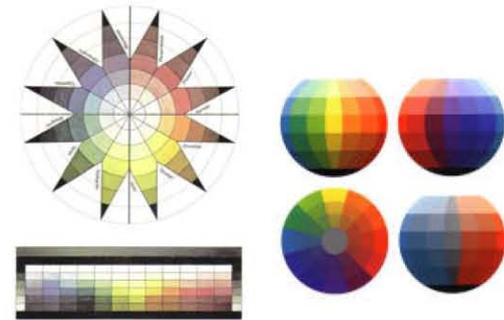
¹⁰ Kappraff Jay. *Connections: the geometric bridge between Art and Science*. Pág: 54.

El Bosco utilizó el rectángulo de Vesica Piscis para proporcionar sus pinturas sobre el cielo y el infierno. Alberto Durero, por otro lado también utilizó esta proporción, pero obtenida a partir de la intersección de 2 pentágonos y la estrella de pentágonos con diversas iteraciones.

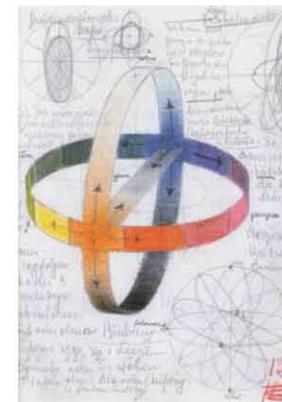
La geometría euclidiana fue la base en las artes, hasta el siglo XX, en que los artistas comenzaron a introducir conceptos como movimiento, autosimilitud, caos y complejidad.

A principio del siglo XX se produjo un cambio de orden estructural a través del color y la forma principalmente, sucedió en la escuela de diseño alemana Bauhaus, a partir de los años 20.

El artista suizo Johannes Itten (1888-1963) constituyó la piedra angular de la enseñanza del color en esta escuela. Itten estableció una teoría del color basada en la tensión y el ritmo. Buscó combinar la experiencia subjetiva de la obra con leyes establecidas, a su vez, establece el contraste cromático como parte principal de un orden sistemático. Este orden está en gran medida relacionado al movimiento de las partes que componen la obra y a como se entrelazan las barras cromáticas de manera jerárquica, según su nivel de contraste. El contraste está en función del color en sí; claros-oscuros, cálidos-fríos, complementarios, simultaneidad, calidad y cantidad¹¹. Se interesa por el efecto profundo de los colores en la relación forma-color. El color se toma como el principio ordenador y jerárquico de la composición. Al incursionar en la pintura abstracta, realizó varios cuadros geométricos en los que tematizó este principio. A través de su escultura de "La torre de fuego", expone 12 dados, que conforman la torre y gira sobre sí misma siguiendo un mismo ritmo. Los dados abiertos curvan la superficie en diagonal, formando una espiral¹² mientras se muestra la gama de colores que enfatizan el movimiento y continuidad de la estructura. En su teoría refleja el movimiento de los elementos en función de sus colores. En su "bola de color con cintas espaciales", Itten traduce en tercera dimensión este movimiento, del calor al frío, del blanco al negro a través del gris, entrando en campos complementarios.¹³



Esfera cromática en 7 grados de luz y 12 tonos



Bola de color de cintas espaciales



Torre del fuego



Obra pictórica de Johannes Itten

¹¹ Kaiser-Schuster Britta. *La enseñanza del color en la Bauhaus*. En Bauhaus. Pág: 394.

¹² Schmitz Norbert. *Johannes Itten*. En Bauhaus. Pág: 238-239.

¹³ Kaiser-Schuster Britta. *La enseñanza del color en la Bauhaus*. En Bauhaus. Pág: 393.

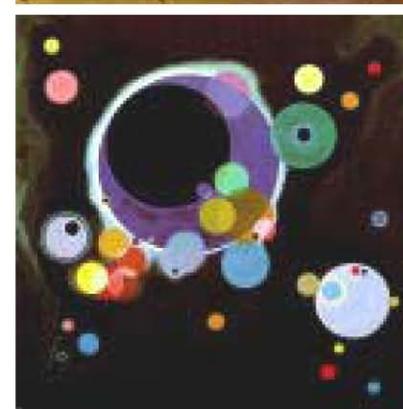
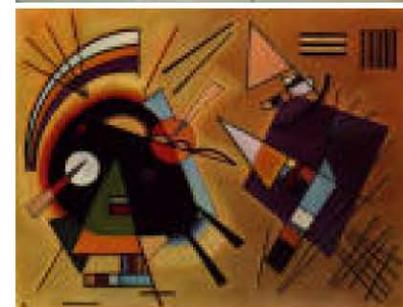
Los estudios de Itten constituyen una base importante, que aplicarían Kandinsky y Klee, para establecer el equilibrio armónico, el movimiento y la tensión a través del orden-fuerza interna, que caracteriza sus obras.

En la obra pictórica y en la Torre del fuego de Itten, se aprecia una tendencia a las formas geométricas en movimiento que se repiten a sí mismas. Sin embargo, la estructura ordenadora en varias capas está siempre en el color.

Vasily Kandinsky (1866-1944) fue influenciado por la nueva concepción del mundo que mostraban las ciencias exactas en esa época; la teoría cuántica comenzaba a gestarse y muestra un mundo donde lo objetivo y lo observado están separados, y lo objetivo nunca es conocido. La naturaleza parece tener una organización distinta a la que se creía y las relaciones causa-efecto no son tan literales. Kandinsky retoma el nuevo movimiento orgánico y forma una abstracción del mismo; lo observado sobre lo objetivo. Nuevamente la relación forma-color, busca ser una ley objetiva que devuelva al arte su sentido subjetivo¹⁴. Se le considera un fundador de la pintura abstracta.

Una gran aportación de Kandinsky la constituye su "Gramática de las formas", esta teoría de la composición expone:¹⁵

- Determinación exacta de los elementos primarios y de la designación de los elementos que de ellos derivan y que son más diferenciados y complicados.
- La fijación de las posibles leyes de ordenación de estos elementos en una obra. El elemento primario de la forma dibujada es el punto, el cual es indivisible. Todas las líneas proceden del punto:
 1. Líneas:
 - Rectas: horizontales, verticales, diagonales.
 - Angulares y cuadradas: geométricas, libres.
 - Curvas: geométricas, libres.



Obra de Vasily Kandinsky

¹⁴ Schmitz Norbert. *Vasily Kandinsky*. En Bauhaus. Pág: 262.

¹⁵ Schmitz Norbert. *Las clases de Kandinsky y Klee*. En Bauhaus. Págs: 382-383.

2. Planos:

- Formas fundamentales (triángulo, cuadrilátero y círculo), planos libres no procedentes de la geometría (euclidiana).

La relación entre los elementos plásticos y formales, son en realidad tensiones. Son fuerzas activas internas de la obra. Al aislar un elemento, la tensión es absoluta.

El primer punto expresa la complejidad necesaria en los elementos que componen la obra. Como se mencionó en el capítulo1, la complejidad se traduce en la relación armónica y la tensión establecida entre las conexiones de los elementos. Esta tensión la traduce Kandinsky como la fuerza interna de la obra.

En el segundo punto se habla de establecer orden en la composición. De acuerdo con lo mencionado en el capítulo1, la simetría ayuda a mantener el orden en un sistema. En el caso de la obra de Kandinsky, se puede hablar de una simetría topológica que mantiene el equilibrio. Se habló del caos como una sucesión de varios ordenes, éstos de acuerdo con Kandinsky, se establecen en líneas y planos. Finalmente, en esta sucesión de ordenes, hay un umbral que separa al orden total del caos, es decir, una singularidad. Como ya se dijo, esta singularidad causa una fuerte tensión con los demás elementos y posee la mayor jerarquía. Kandinsky lo manifiesta aislando un elemento, para provocar la tensión absoluta. Sus obras manejan estos elementos para mantener el equilibrio.

Kandinsky concedió a las líneas el carácter cálido o frío según su posición en el plano. Con esto llegó a una simplificación de formas con características propias del color de relación sinestésica. Hizo una abstracción de las leyes de la naturaleza y las tradujo en diversas características estéticas; a partir de los elementos más simples (punto, línea, plano) creó composiciones de gran complejidad en las que se encuentran singularidad y simetría, características que también se encuentran en estructuras fractales.

Paul Klee (1879-1940) enfatizó más el movimiento; la forma acabada más que el proceso,¹⁶ y el efecto temporal en sus obras. Así mismo trató la cuestión del color, desde el punto de vista de los componentes que provocan movimiento en

¹⁶ Ibid. Pág: 387.

los colores. Los trata como partes estrechamente relacionadas en el círculo cromático y establece 3 direcciones que estos siguen:¹⁷

- Periférica: de colores cálidos a fríos.
- Diametral: colores complementarios.
- Polar: del color blanco al negro, pasando por la gama de tonos gris.

A través de estos principios, Klee estableció el sistema de ordenamiento de sus obras y analizó la tensión que creaba con diversos elementos mediante el color.

László Moholy-Nagy (1895-1946), por otro lado, explora el factor espacio temporal que desarrolla la luz, a través de la Pintura y Fotografía. En su pintura, de tipo abstracto, explora la superposición de planos y la transparencia de formas en el espacio.¹⁸ En sus fotografías, de tipo constructivista, pretendía ampliar la capacidad de percepción del observador a partir de enfoques inusuales del mismo objeto y su composición posterior en collage. La incursión del mismo aparato fotográfico en la composición (mediante su sombra) causa una tensión adicional. La reflexión de la imagen con ayuda de espejos u otros elementos, crea un plano adicional en intercambio infinito con la imagen real. Los espacios abiertos fotografiados se dislocan de su estructura espacial, debido a la presencia de estos objetos reflejantes que repiten un plano de estos espacios y lo contraponen en otro orden, dando la ilusión de superposición y causando gran tensión en la composición. Mediante los diferentes niveles de sombra y la apreciación del espacio a través de formas inesperadas, creadas por dichas sombras, se busca una nueva perspectiva que la imagen no ofrece.¹⁹

La fotografía que desarrollaron Moholy-Nagy y sus alumnos, descompone los planos de la realidad fotografiada y los superpone con un nuevo orden. La composición es el espacio mismo y la dislocación de los elementos que existen en él, los objetos y sus sombras. Es una estructura de 3 capas: espacio, objetos, sombras. En una alusión a la estructura fractal, cada capa tiene el mismo sistema de organización, a partir de la reflexión, por lo que es autosimilar en el



Obra de Paul Klee



Obra de László Moholy-Nagy

¹⁷ Kaiser-Schuster Britta. *La enseñanza del color en la Bauhaus*. En Bauhaus. Pág: 397.

¹⁸ Rafols J.F. *Historia del Arte*. Pág: 480.

¹⁹ Ware Katherine C. *La fotografía en la Bauhaus*. En Bauhaus. Págs: 506-529.

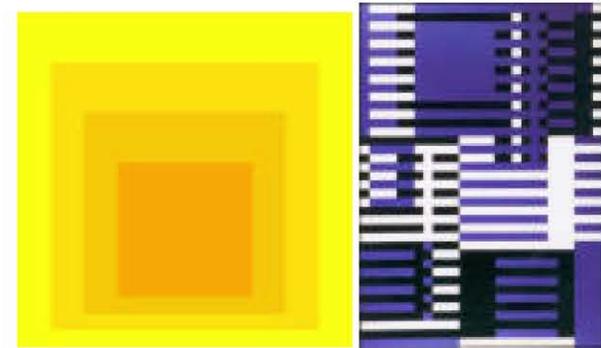
conjunto. Esta reflexión se logra mediante la perspectiva de la toma fotográfica, otros objetos y el manejo de la luz sobre los mismos en el espacio.

Otro miembro de la Bauhaus, Josef Albers (1888-1976), desarrolló la Pintura Perceptual, que sería muy importante para el desarrollo del Op Art. Dedicó gran parte de su obra al estudio de los efectos de combinaciones cromáticas. Estos efectos están en función de la percepción psicológica del color.

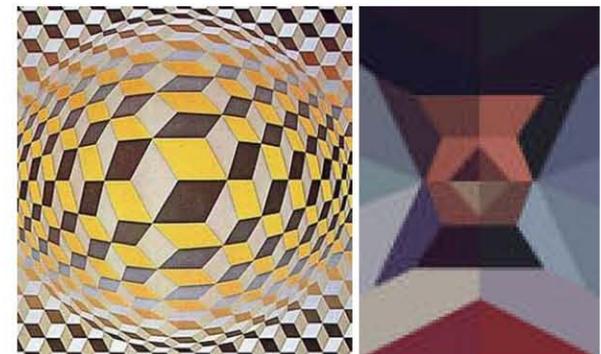
La percepción de las formas y los colores generan varias soluciones visuales, todas coexistiendo en la misma obra y con las mismas posibilidades. El espacio se despliega ante el espectador. La mirada al intentar fijarse en un plano, cambia la percepción bidimensional a tridimensional en distintas direcciones espaciales y con diferentes relaciones entre la figura y el fondo. Su objetivo era provocar en el espectador una reacción psicológica, que le permita ver más allá que el elemento que se presenta y aprecie toda la estructura de la composición con todas sus partes, pero que a la vez pueda percibir esas partes por separado. Los *factual facts* son la estructura que está presente en la obra, su concepto y su significado. Por otro lado, los *actual facts* son la estructura que se forma psicológicamente a partir de la obra y sus efectos visuales.² Así, se tienen 2 estructuras: la estructura de la obra y la de sus percepciones. En la estructura perceptiva, el movimiento permite la multiplicidad de imágenes y la apreciación de sus partes.

Dentro del Op Art, la obra de Victor Vasarely (1908-1997) es representativa. Utiliza la superposición de planos para crear una ilusión de movimiento. Retoma las ideas de Albers sobre el movimiento del color y la forma, para dar a sus obras otro nivel de complejidad; la percepción de la obra cambia según la ubicación del espectador y la lectura de la misma se vuelve impredecible.

En la pintura, la abstracción de las características de los fractales se encuentra principalmente en la creación de composiciones de gran complejidad a partir de elementos sencillos utilizados en el lenguaje artístico (Kandinsky), la estructuración de la obra a partir de la complejidad cromática (Itten), la estructuración en función del movimiento y el color (Klee), la dislocación de planos y objetos (Moholy-Nagy), la dislocación perceptiva de la obra como un



Obra de Josef Albers



Obra de Victor Vasarely

² Kitschen Friederike. *Pintura perceptiva en lugar de Op Art*. En Bauhaus. Pág: 318-319.

todo y sus partes (Albers) y la combinación de planos de observación y efecto zoom (Vasarely).

2.2.2 Arte en 3 dimensiones: la Escultura.

Aún cuando la escultura no evoluciona siempre en forma paralela a la pintura, la distancia entre ambas, se ha reducido.³ Sin embargo, la escultura tiene una impresión más inmediata y directa con el espectador, el movimiento que posee le permite transformarse e incluso en ocasiones de forma constante, lo que le da un sentido de temporalidad mucho más marcado.⁴ Esta sensación de movimiento que la escultura ofrece es la que será expresada de forma intuitiva.

El Op Art y el Arte Cinético son tendencias que han desarrollado el movimiento a través de complejas estructuras de orden. Es en ellas donde se encuentra una mayor aplicación del sistema fractal. Como antecedentes a estas tendencias, se encuentra la Bauhaus a través de László Moholy-Nagy, Josef Albers y Max Bill (1908). También se encuentran antecedentes en el escultor Alexander Calder (1898-1976), y el abstracto Vladimir Tatlin (1885-1965).

Moholy-Nagy desarrolla efectos de luz para definir la estructura espacio temporal en sus obras. La luz se vuelve una herramienta para enfatizar el movimiento y delimitar el espacio.⁵

Albers considera en su pintura 2 estructuras superpuestas:

- *Factual facts*: se refieren al concepto de la obra y su significado.
- *Actual facts*: se refieren a los efectos visuales sobre la obra.⁶

Estos aspectos son retomados por Max Bill en su obra plástica, quien fue alumno de Albers en la Bauhaus. Bill desarrolla la escultura en función de una organización estructural en los niveles de Albers. La interacción de ambos niveles



Obra de Max Bill

³ Rafols J.F. *Historia del Arte*. Pág: 429.

⁴ Ibid.

⁵ Ibid. Pág: 392.

⁶ Kitschen Friederike. *Pintura perceptiva en lugar de Op Art*. En Bauhaus. Pág: 319.

de orden, es una conexión fractal en sentido perceptivo. Por un lado la obra sugiere movimiento a través de su forma, es inherente a su significado (factual fact) y por otro lado la percepción de la obra es que realmente tiene movimiento (actual fact). Max Bill logra expresar un mismo concepto a través de 2 estructuras superpuestas en el mismo objeto. Lo que es y lo que parece ser. Ambos son partes del mismo concepto, por lo que se aplica la dislocación de la percepción observada en la obra de su maestro Albers.

Dado que en esta tendencia artística la percepción del espectador es el medio y el objetivo, el modo en que esto se logra es lo importante en su estudio. No es únicamente crear ilusión óptica, sino una multiplicidad de imágenes en la mente del espectador. La repetición de los elementos a diferentes niveles de estructuración, los vuelve autosimilares. El aumento de la complejidad formal y cromática, el orden estructural y la autosimilitud son características de la geometría fractal aplicada con fines perceptivos por el Op Art.

Como evolución de esta tendencia, se introduce al movimiento como elemento plástico determinante. En el Arte Cinético, se introduce a la cinética y la lumínica como herramientas de cambio perceptivo. La primera se traduce en una modificación perceptible del espacio y la segunda en una modificación perceptible del color, trama y luminosidad. La obra no es un objeto, sino un sistema configurado por espacio, tiempo y luz que dan como resultado movimiento. Utiliza la forma temporal de la periodicidad, la cual depende de la velocidad-desplazamiento y la velocidad-frecuencia. Esta relacionada al número de repeticiones de un mismo acontecimiento durante un intervalo temporal determinado.⁷

El Op Art se caracteriza por la abstracción geométrica y la complejidad cromática, heredada del arte abstracto. Las obras reflejan el orden estructural de manera literal. Son sistemas seriales en los cuales se repiten los signos lineales o cromáticos. Conforme aumenta la complejidad, el orden dentro del sistema también se incrementa.

⁷ Rafols J.F. *Historia del Arte*. Pág: 575.

El color y la forma son los elementos ordenadores y son básicos en la relación del espectador con la obra y con los efectos ópticos que de ella se producirán. El ordenamiento es a través de un uso sistemático de las propiedades geométrico matemáticas de estos elementos. Se utilizan además, transformaciones simétricas como rotación y traslación, para suceder varios niveles de ordenamiento. Los efectos ópticos se logran según la complejidad y la disposición estructural. De esta manera, la obra remite a un conocimiento perceptivo sobre sí misma. No es un objeto estable sino un generador de percepciones.⁸

Al entender a estas obras como sistemas con 3 niveles de organización: en función del tiempo, el espacio y la luz, se establece una compleja relación entre ellos y con los aspectos que de estos niveles dependen. Se crea una estructura desde el color y la trama en función de la luz, la modificación espacial a causa del movimiento, hasta la modificación de todos estos aspectos por el tiempo. Este sentido de organización es fractal, debido a sus características de complejidad y sentido de orden, además de funcionar de la misma forma en cada nivel del sistema.

A causa de la estrecha relación entre el Op Art y el Arte Cinético, varios de sus exponentes, como Le Parc, Agam y Tomasello, experimentaron en ambas tendencias.

Julio Le Parc (1928) retoma principios de lo que ha aplicado Vasarely en la pintura. Utiliza diversos mecanismos para crear un movimiento de las partes de sus obras, provocando distorsión en el objeto que el espectador observa. Además sus esculturas poseen una superposición de planos, que figuran laberintos y causan en el observador una reacción psicológica, que hace que la perciba de distinta forma conforme se acerca o se aleja de ella (efecto zoom). Esta superposición de planos y los juegos cromáticos para crear diversos efectos ópticos, componen una compleja red de organización estructural dentro de la estructura.



Obra de Julio Le Parc

⁸ Ibid Págs: 573-574.

Yaacov Agam (1928) utiliza diversos planos de color, que parecen cambiar a medida que el espectador cambia de posición. Cada plano está hecho a base de un patrón abstracto, cualidad que lo liga al siguiente plano, en otro nivel. Hay elementos adicionales que pueden verse a través de perforaciones en alguno de los planos superiores. La obra posee varios niveles de organización dependiendo de los elementos que la componen y parecen móviles, como juegos de color y sombras, agua, sonido y luz.⁹

Luigi Tomasello por otro lado utiliza como unidades base, diversos cubos huecos de color blanco en el exterior y colores primarios y complementarios en el interior, con algunas caras abiertas no visibles al espectador, sobre una superficie blanca. Por refracción, se producen efectos de luz sobre la superficie blanca. El entramado de los colores reales que no son visibles y el entramado de su refracción son dos planos distintos con distinto efecto, resultado de su distinto nivel de complejidad.

Calder utiliza la forma ramificada como estructura y la enfoca a un movimiento que responde a leyes matemáticas a partir de varios puntos de equilibrio y tensiones. Dichas tensiones muestran diversos niveles de interacción en esculturas de gran ligereza y movimiento, ya que son el espacio en que se forman. En sus obras estáticas de grandes dimensiones, la interacción con el espacio y a través del tiempo es muy importante.

Tatlin logró la abstracción en la escultura, como Kandinsky lo logró en la pintura. Construyó piezas oscilantes y conectó el espacio interior de las esculturas con el contexto. Interpretó la naturaleza en el espacio, como una abstracción de sus leyes traducidas en tensiones entre elementos y con relación a dicho espacio. El caos como sucesión de ordenes, lo traduce en la relación de simetría de los elementos, la armonía de los mismos y su equilibrio.

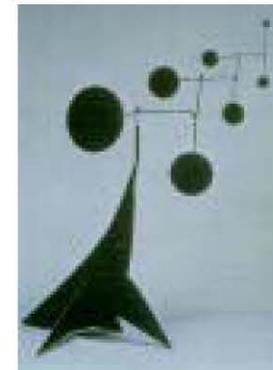
Kenneth Snelson (1927) realiza estructuras de integridad tensional, a partir de aristas bajo compresión y cuerdas tensionadas.¹⁰ El balance entre tensión y compresión es similar a la compresión de aire dentro de un globo, provocada por la tensión que existe en la superficie del globo. Estas estructuras son



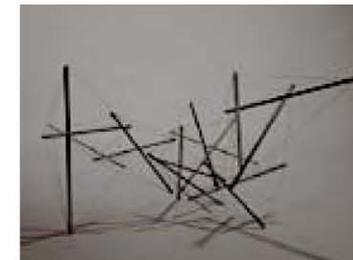
Yaacov Agam



Luigi Tomasello



Alexander Calder



Kenneth Snelson

⁹ Fraticola Paola. *Op Art y Arte Cinético*.

¹⁰ Kappraff Jay. *Connectios: the geometric bridge between Art and Science*. Pág: 310.

autosimilares tanto en forma como en los puntos de apoyo, los cuales funcionan como nodos que conectan las distintas escalas de la escultura. Esta técnica llamada tensegridad se logra mediante la conexión de los elementos compresores y los elementos tensores en un plano y plegarlos en un espacio tridimensional.

Liliane Lijn utiliza el agua para generar diversos efectos de movimiento. Las gotas de agua caen bajo una superficie rotante de acrílico, donde el líquido queda atrapado y debido al movimiento, genera diversas formas de estructura fractal. Este resultado es similar al que se observa en algunos experimentos en Química de decantación y electrólisis, en los cuales el depósito de los sólidos de la solución, toma formas de ramificación fractal.

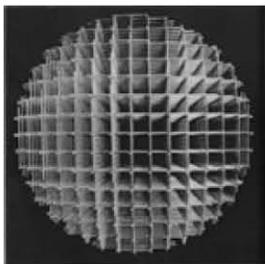
Otros exponentes como Zoltan Kemeny (1907-1965), Vojin Bakic (1915), Francisco Sobrino (1923), Nicolas Schöffer (1912), François Morellet (1926)(con sus esferas a partir de barras metálicas en entramado), Sergio Camargo (1930) (a través de unidades cilíndricas) y Theodore Roszak (1907)(con distintos niveles de vibración), buscan en general obras que no llegan a un estado final ,sino que están en constante evolución y metamorfosis infinita.



Liliane Lijn



Vojin Bakic



François Morellet



Nicolas Schöffer



Theodore Roszak



Zoltan Kemeny



2.2.3 Arte en 4 dimensiones: el Cine.

Un buen ejemplo de la aplicación conceptual que pueden tener los fractales en la forma de hacer un relato en cine, es la obra del director Tom Tykwer. Aún cuando la mayor aplicación de geometría de fractales en el cine, está en la generación de escenarios digitales y efectos especiales por computadora, es importante rescatar el enfoque espacio-temporal de la narración.

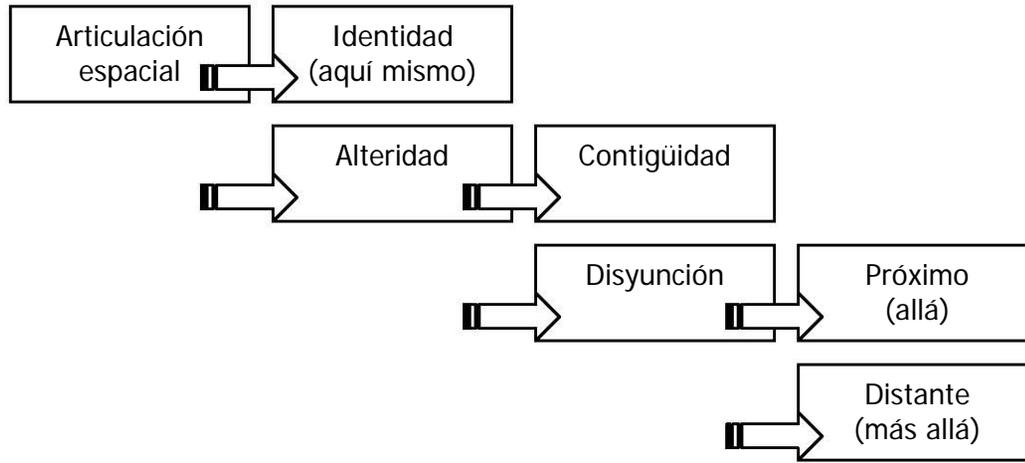
El relato cinematográfico supone al menos un punto de partida y un final, obedece a un orden que difícilmente se da en la vida real¹¹. Este relato en una secuencia doblemente temporal, porque se refiere a lo que se narra y lo que deriva de ésta acción.

Por otro lado, la imagen es la que da significado al espacio y la temporalidad del relato se apoya en el espacio del mismo. A través del cine es posible mostrar varios espacios que suceden al mismo tiempo o varios tiempos que pasan en el mismo espacio. Hay siempre presente una multiplicidad de información, aún en planos generales. Cualquier objeto presentado puede descomponerse en partes más pequeñas, las cuales están en un espacio dado y establecen relaciones espaciales entre ellas.

Es importante tener en cuenta la relación del espacio visible con el no visible y su conexión temporal, de esta forma se establece el espacio mental de lo observable y la conexión mental con el espacio contiguo no observable en un sólo encuadre. La movilidad del espacio para adaptarse al relato, depende en parte de lo que en cinematografía llaman *raccord*, lo cual es una ruptura de la continuidad espacial en el filme. Al cambiar de una escena a otra distinta, aunque ambas son parte del mismo relato, parece haber una modificación en el orden sugerido de la escena; un elemento de singularidad, que en términos generales se diría que cambia de escala, aunque en el caso del cine, cambia de escena a la vez que se da una asociación de espacios. El esquema de la articulación espacial es:¹²

¹¹ Jost François. *El relato cinematográfico*. Pág: 26.

¹² *Ibid.* Págs: 87-106.



Independientemente de la historia que se cuente en el filme, el manejo del espacio a través de las cámaras, marca una percepción del mismo como un sistema de varios niveles. El espacio no mostrado, no tiene límite; es infinito. El espacio mostrado es relacionado mentalmente con lo que se imagina que es contiguo, lo cual es un nivel de percepción. El plano general de la escena es otro nivel, el primer plano es una iteración del plano general, sobre éste la cámara puede acercarse numerosas veces y llegar a niveles cada vez más específicos, todos del mismo sistema, un sistema fractal. La relación espacial que plantea el cine más claramente quizás que otras artes, es aplicable en Arquitectura y Arquitectura de Paisaje, como se verá más adelante.

Los cambios de escena son singularidades que rompen la continuidad espacial, pero son continuos para efectos del relato y su temporalidad.

Desde el punto de vista temporal, la percepción del cine es en función de:¹³

- La duración: es el periodo que existe la acción a través del tiempo de forma continua. Es el tiempo que transcurre entre el comienzo y el fin de un proceso.

¹³ Ibid. Págs: 109-134.

- La frecuencia: lo cual está en función de la repetición de imágenes o acontecimientos por intervalos y las iteraciones (en cine como una acción mostrada que representa acciones similares y contiene a todas ellas).

La temporalidad que se maneja en el cine es el orden del relato, este orden es de 2 tipos:¹⁴

- Orden postulado en el relato, que está en función de:
 1. La analepsis (antes de), representada por el *flashback* y voz en *off*. Se refiere a un acontecimiento pasado fuera del eje temporal de la historia (externo) o lo pasado en la historia a través de los recuerdos de algún personaje (interna) y tienen diferentes amplitudes (horas, meses, años)
 2. La prolepsis (después de), representada por el *flashforward* y la voz en *over*. Se refiere a lo está en el futuro en una historia. Puede proyectar un acontecimiento fuera del eje temporal del relato original (externa) o puede simplemente anticipar lo que será narrado más tarde (interna).
- Orden real en que aparece en la pantalla, modelo hecho-pasado o hecho-futuro.

En el caso del Filme *Lola rennt* (Corre Lola corre, 1998), del director Tom Tykwer, la llamada que recibe Lola, es el punto cero (la singularidad), es una acción constante que genera 3 bifurcaciones en la historia, de las cuales el final de cada una es distinto. Sin embargo, tienen las mismas condiciones iniciales y los relatos tienen similitud: la protagonista y los personajes secundarios son los mismos, el motivo es el mismo (conseguir el dinero que Manni necesita y fue el origen de la llamada) y los flashbacks son los mismos (porque son relativos a la situación de Lola y Manni antes de la llamada). Se muestra un relato en el cual la vida de los personajes se desarrolla de acuerdo con la Teoría del Caos: cada segundo se toma una decisión que cambia el rumbo del futuro constantemente.¹⁵

El desenlace de cada bifurcación es completamente distinto, debido a pequeños cambios en el curso de cada historia, por ejemplo en una bifurcación Lola asalta

¹⁴ Ibid. Págs: 114-122.

¹⁵ Mertin Andreas. *Schicksal, Wunder, Würfelspiel?: Lola rennt oder Leben nach der Chaos Theorie*.



Escenas del filme *Lola rennt*

un banco para obtener el dinero y en otra decide jugar en un casino. Estas decisiones afectan a los personajes secundarios y generan a su vez nuevos caminos de desenlace en cada caso, de manera infinita. Estas nuevas iteraciones, que surgen de las 3 iniciales, son representadas con flashforwards.

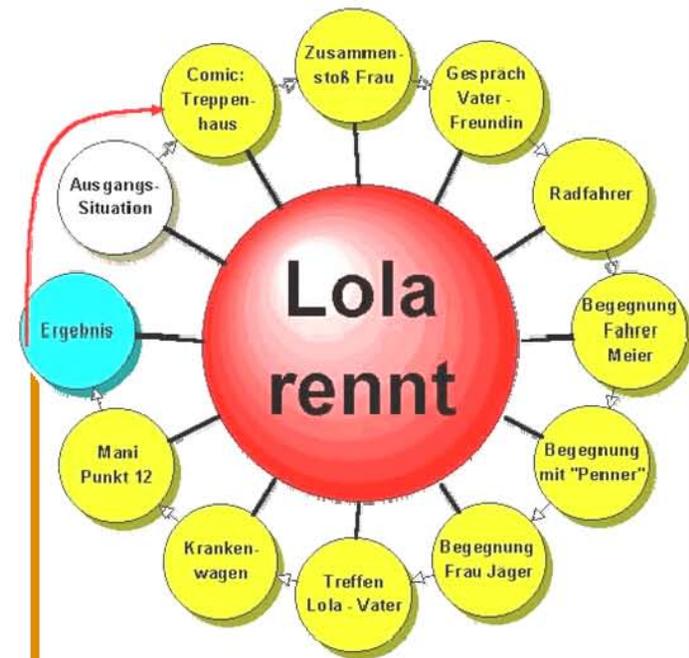
En una de las bifurcaciones Lola muere al final, en otra muere Manni y en otra no muere ninguno. Si el filme presentara más bifurcaciones, en alguna morirían los 2 o alguno sería atrapado por la policía, y así al infinito.

Parece un patrón caótico, porque el sistema del relato no es lineal, sino que muestra una historia dentro de otra historia, dentro de otra historia, es decir, es de estructura fractal. Además se puede identificar la singularidad que genera cada iteración. Cada instante contiene todas las otras posibilidades que existen.

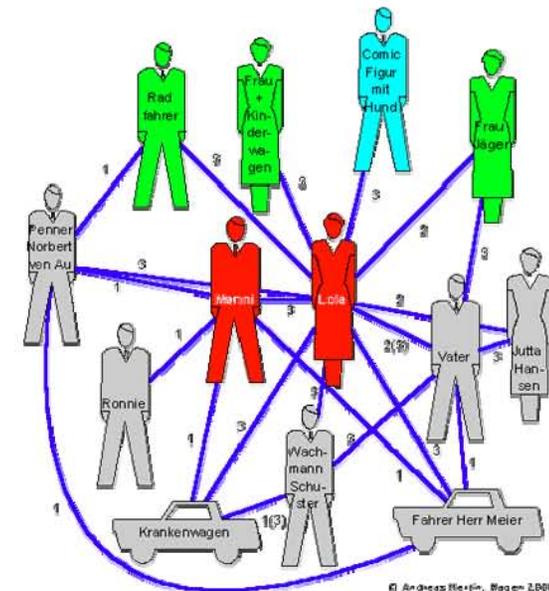
Incluso si se viera el filme sin sonido, cuadro por cuadro, habría imágenes que se repiten cada cierto tiempo de entre las demás, estas imágenes (la llamada, cuando Lola cuelga el teléfono, cuando baja las escaleras, etc), son un patrón regular en la secuencia, el cual a su vez tiene pequeñas irregularidades (cuando Lola sale corriendo de la casa después de colgar el teléfono y su mamá le pide o no que compre shampoo, o al bajar las escaleras el perro del vecino sale corriendo detrás de ella o no), que con mayor análisis comenzarían a aparecer en patrones regulares, a escala más pequeña (cambio de iteración, mayor nivel de detalle). Esta estructura fractal, aparece al espectador de forma coherente.

El director separa estos niveles o iteraciones a través de diversas categorías visuales: la carrera de Lola hacia la calle después de colgar el teléfono, aparece en dibujos animados; los flashback aparecen en blanco y negro o en rojo y voz en *over*; los flashforward aparecen como fotografías a color y el resto de la secuencia, es decir el presente, aparece en tomas a color en plano general o primer plano.

Sin embargo los personajes tienen cierta conciencia sobre lo que sucede. En los flashback en rojo, los protagonistas reflexionan sobre el libre albedrío y el olvido de decisiones pasadas; en acontecimientos que contienen un sin fin de acontecimientos.

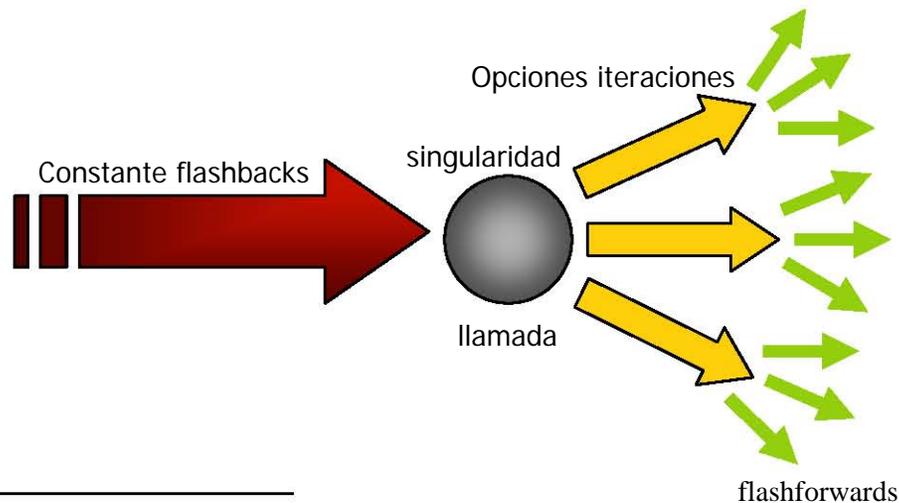


Análisis del filme *Lola rennt*



© Andreas Hepp, Wagen 2000

La carrera desesperada de Lola contra el tiempo, el cual es constante en todos los casos (20 min), es siempre en el espacio. Para reforzar la bifurcación del espacio en el que el relato se desarrolla, Tykwer filma en Berlín y específicamente en Friedrichstraße y Wilmersdorferstraße.¹⁶ En el caso de Friedrichstraße, ésta es una vialidad de alta jerarquía en la ciudad, similar a la Avenida Insurgentes en la Ciudad de México, aquí se desarrolla la secuencia final en cada historia, el momento culminante y cuando el tiempo se acaba. Wilmersdorferstraße es la calle donde suceden los acontecimientos secundarios (el banco, el encuentro con el amigo del padre de Lola). Las calles en el centro de Berlín permiten varias opciones de recorrido, incluso entre las manzanas debido a sus ramificaciones. La jerarquización de los espacios abiertos y su estructura en función de los acontecimientos fortalece la relación espacio-temporal tan característica del Cine. El hecho de utilizar la segunda vía más importante de la ciudad para filmar el desenlace de cada una de las 3 opciones, y no Unten den Linden (que es la de más alta jerarquía en Berlín y equivalente a la Avenida Reforma en la Ciudad de México), enfatiza el hecho de que no hay una única historia que tenga la mayor jerarquía, sino 3 distintas (en realidad infinitas) que coexisten en un nivel inferior en la estructura jerárquica. Esto enfatiza la jerarquía que tienen los espacios en función de las actividades que en ellos se realizan y el significado que tiene para los usuarios; una manifestación física de una relación psicológica y afectiva.



¹⁶ Ibid.

2.3 La Arquitectura.

La arquitectura es un medio muy poderoso de modificación y organización espacial. Existe una conexión muy importante entre el espacio, el tiempo y la duración. Esto último se relaciona estrechamente con la permanencia.

En los espacios arquitectónicos se toman en cuenta 2 tiempos: el tiempo en el cual el espacio surge como tal y la relación espacial en función de su temporalización. La evolución del espacio a través del tiempo y viceversa. A partir de esto se forma una huella, la cual permitirá la caracterización del espacio.

Desde este punto de vista, el espacio es externo, simultáneo, contiguo o yuxtapuesto. Posee una diferencia de grado y cantidad. Es discontinuo, divisible al infinito y siempre actual. Es abstracto, y su divisibilidad infinita es percibida en la formación de mapas mentales. Según Bergson, el espacio es una contracción del tiempo, y el tiempo es una dilatación del espacio.¹⁷ Esa fracción, simultaneidad, la relación estructurada y la complejidad manejable, es lo que en filosofía llaman *separatrix*,¹⁸ la cual reprime la inestabilidad a través de la imposición de un orden. En el sistema de opuestos, es el nexo que une a esos opuestos.

Los objetos arquitectónicos deben ser confrontados con el orden real del espacio. Este orden, desde la perspectiva del arte, es su parte analítica y corresponde a una geometría primal. Una geometría fraccional y compleja que estructura la relación objeto-espacio. Esta estructura no siempre es visible, pero siempre perceptible. Es un micro análisis de lo no representable.¹⁹

A partir de esta estructura compleja, surge lo que Jean Nouvel llama la "fractalización del espacio". Él expone que la evolución de nuestro conocimiento sobre la materia y el descubrimiento de los fractales, entre otros, tienen gran importancia en la forma de aprehender el mundo, el espacio y el tiempo; esto

¹⁷ Grosz Elizabeth. *The future of space: toward the Architecture of invention*. En Surroundings surrounded. Págs: 252-268.

¹⁸ Eisenman Peter, Derrida Jacques. *Chora l works*. Pág: 137-160.

¹⁹ Baudrillard Jean, Nouvel Jean. *Los objetos singulares: Arquitectura y Filosofía*.

por consecuencia modifica nuestra relación sensible con el espacio.²⁰ Aquí surge una pregunta interesante: ¿Hasta qué punto la organización fractal del espacio es inherente a él y hasta donde nuestro conocimiento de ésta organización la modifica?

Es posible que en realidad existan 2 estructuras superpuestas: la que es inherente al espacio (en el medio natural) y la que se modifica por nuestro conocimiento (en el medio artificial). Esta última estructura es la que se revela en la Arquitectura.

Por otro lado, es importante saber hasta qué punto el tiempo y el espacio son características mentales *a priori* que condicionan nuestros conceptos, como decía Kant, o son categorías corpóreas²¹ que no siempre se aprehenden por antecedentes o arquetipos.

El Deconstructivismo es una corriente filosófica, que ha sido utilizada en Arquitectura para entender la naturaleza de los elementos en los cuales se desarrolla: el espacio-tiempo. Maneja conceptos como complejidad y entropía. El Deconstructivismo desmantela las capas estructurales de un sistema; toma un elemento y analiza qué lo constituye.²² Los arquitectos Peter Eisenman, Rem Koolhaas, Charles Jencks, Bernard Tshumi y Daniel Libeskind, entre otros, han incorporado esta corriente filosófica a su quehacer profesional.

Heidegger asegura que el Arte es lo que excede a la estructura y por eso debe subordinarse a esa estructura.²³ El espacio-tiempo es un sistema estructural en varias capas; la esencia misma de su existencia (*Chora*, según Platón), su estructura intangible (según Deleuze *medio*, según Derrida *becoming space*, según Bergson *in between* y según Eisenman *texto*) y los elementos que lo delimitan y coexisten en él.

²⁰ Ibid.

²¹ Grosz Elizabeth. *Architecture from the Outside: Essays on Virtual and Real Space*. Pág: 31.

²² Wigley Mark. *The Architecture of Deconstruction: Derrida's Haunt*. Págs: 41-46.

²³ Ibid. Pág: 63.

El *Chora* de Platón, según explica Jacques Derrida, es una construcción (estructura) con el potencial de cambiar su forma y la de otro objeto sin ser tangible.²⁴ Es la manifestación que media entre el continente y el contenido. Cuando un objeto entra en contacto con el *Chora* deja una huella y de esa huella, queda un rastro.²⁵ La huella es la caracterización en el tiempo y el rastro en la percepción. Está entre lo ideal y lo real.

Esto corresponde al concepto de *texto* de Peter Eisenman, el cual explica, es la aproximación de otro objeto (arquitectónico). El texto no representa ni simboliza al objeto, sino que revela su estructura.²⁶ La filósofa Elizabeth Grosz explica que los *textos* son el resultado de la complejidad de coherencias o consistencias y referencias externas; son extensiones que desarrollan conexiones y crean nuevas alineaciones. Según Derrida el *texto* es un entretejido que produce un espacio cerrado y estriado; un modelo semiotizado (sistemas de signos) de textualidad (como característica de un texto). De acuerdo con Deleuze, el *texto* produce conexiones con otros objetos, genera transformaciones conceptuales y afectivas, que desafía a las estructuras pragmáticas. Tienen gran impacto y realineamiento en los objetos que estructura.²⁷

La estructura general se compone a su vez, de otras estructuras que interconectan todos los elementos que influyen y delimitan tanto el objeto como el espacio. Se tiene la estructura del objeto y sus relaciones internas (arquitectura), la estructura de la relación objeto-espacio (arquitectura-arquitectura de paisaje) y la estructura del espacio (arquitectura de paisaje).

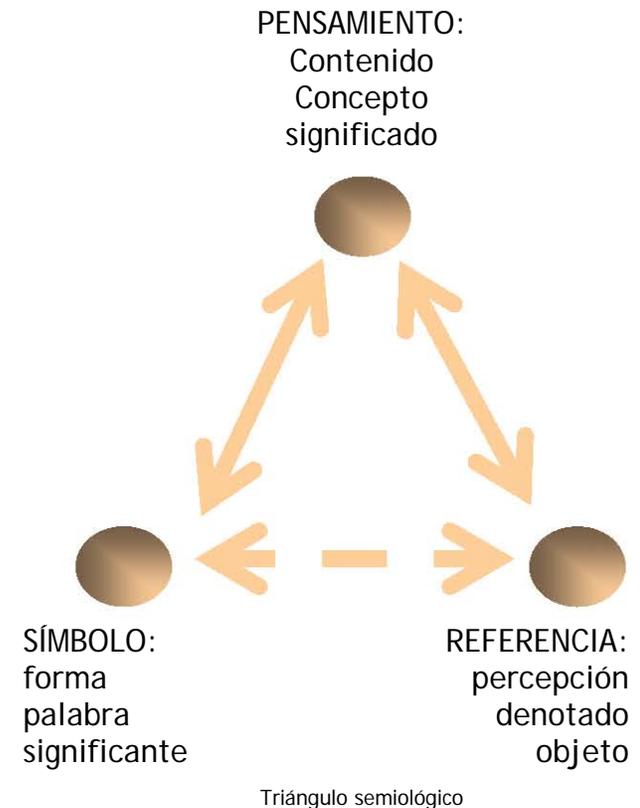
El *texto* también aplica a la forma narrativa del objeto; a la relación expresión-significado. Esta relación también está en función del espacio. Si bien se mencionó al espacio abstracto existente en los mapas mentales, el cual no se comparte y es infinito porque se repite en todas las mentes que lo perciben, aunque en cada mente con algunas variaciones, también hay un espacio "real" colectivo, el cual sí se comparte.

²⁴ Eisenman Peter, Derrida Jacques. *Chora l works*. Págs: 15-32

²⁵ Ibid. Págs: 132-136.

²⁶ Eisenman Peter. *Architecture as a second language: the texts of between*. En Re-working Eisenman. Págs: 19-23.

²⁷ Grosz Elizabeth. *Architecture from the Outside: Essays on Virtual and Real Space*. Pág: 57.



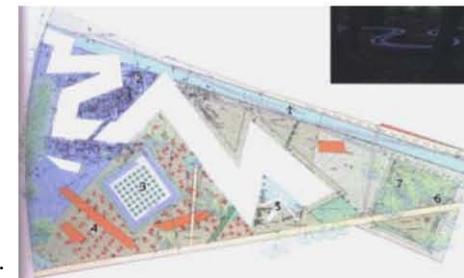
2.3 La Arquitectura

La estructura del *texto* media entre el concepto y la función; requiere una imagen iconográfica débil. El texto es lo que permite a un signo diferenciar a un objeto de otro. Posee una condición fundamental de movimiento, debido a que es también un proceso.²⁸ Es complejo porque no tiene un sólo significado, sino el conjunto de varios, tanto en el espacio real, como en el abstracto. La característica del texto ha sido descrita como iteración. El espacio del texto es ilimitado, pero marca un límite y representa la no influencia de las partes que lo componen. Se forma por yuxtaposiciones y es la esencia del espacio-tiempo, lo cual es indispensable para concebir a la Arquitectura como un todo.²⁹

El texto produce un espacio como tal, es la posibilidad de que cualquier elemento tome lugar y tiempo; es un efecto de dislocación.³⁰

Hacen énfasis en los signos, los cuales diferencian a un elemento de otro a través de su estructura. A diferencia de los símbolos, que son metafóricos y formas que representan otras formas. Hablan de romper la relación signo-significado mediante la relación signo-objeto.

El arquitecto Daniel Libeskind utiliza en sus proyectos para el Museo Judío en Berlín y para la Zona Cero en Nueva York, diversas características de la geometría fractal como son: autosimilitud de formas, no linealidad en la estructura de espacios y un complejo sistema de organización de actividades. En el caso del Museo Judío, se formó un lugar en el que continuamente se regresaba, pero no se caminaba. Un espacio para atravesar, pero nunca estar en él.³¹ Son formas y espacios fraccionados, unidos por un sistema perceptivo complejo, en los que continuamente se desafía al usuario a redefinir su idea de espacio. El sistema reafirma el concepto de Chora como idea primigenia del espacio y al texto (el sistema fractal) como estructura modeladora del Chora, los cuales tienen un impacto importante en la organización y percepción del espacio final construido.



Museo Judío de Daniel Libeskind

²⁸ Eisenman Peter. *Architecture as a second language: the texts of between*. En Re-working Eisenman. Págs: 19-23.

²⁹ Grosz Elizabeth. *Architecture from the Outside: Essays on Virtual and Real Space*. Pág: 91-94.

³⁰ Wigley Mark. *The Architecture of Deconstruction: Derrida's Haunt*. Págs: 188-191.

³¹ Jencks Charles. *The Architecture of the jumping Universe*. Pág: 62.

2.3 La Arquitectura

En el caso del proyecto para la Zona Cero de Nueva York, los diversos espacios, tanto interiores como exteriores, están vinculados a través de un complejo sistema de conexión de formas autosimilares, el cual fracciona los espacios, pero los vincula mediante una red de actividades y elementos que se repiten tanto en los espacios interiores como en los exteriores.

En el proyecto del Jardín de las Especulaciones Cómicas, Charles Jencks lleva a la práctica diversos aspectos de la Teoría del Caos y otras teorías de la Física moderna aplicables a la Arquitectura, las cuales ya había abordado de forma teórica.

La casa que está envuelta por el jardín, presenta un diseño de elementos interiores que coinciden con los azulejos de Penrose y formas espirales que responden a patrones caóticos. En el jardín, los recorridos tienen multiplicidad de bifurcaciones y opciones. Diversas esculturas fractales delimitan los distintos espacios y están presentes en varias escalas.³² Aún cuando la aplicación de Jencks de la estructura fractal es literal a las formas, es posible entender la relación de estructuras formales y espaciales de un sitio.

Por otro lado, el proyecto de Rem Koolhaas para el Parc de la Villette, es una compleja estructura de organización dada por distintos elementos urbanos. Superpone 5 sistemas de igual jerarquía: bandas laterales para actividades al aire libre y áreas verdes, pequeños elementos para diversas actividades a cubierto sin orden aparente llamados *confetti*, elementos existentes en el sitio, circulación y conexiones de diferentes elementos.

Las bandas laterales, muy cercanas entre ellas, mostraban un orden geométrico que permitían pasar libremente de un piso al siguiente, mediante el uso de rampas, con las cuales no era necesario el uso de escaleras para cambiar de nivel. Se tomaron los diferentes sistemas y se superpusieron de manera que pasen entre ellos o sobre ellos sin predeterminarlos o sintetizarlos. La complejidad de la organización de la estructura, emerge de la no linealidad de las partes por sí mismas.³³



Zona Cero de Daniel Libeskind



Jardín de las especulaciones cósmicas de Charles Jencks.

³² Barrow John D. *Science in Culture: Gardening by numbers*. En Nature Magazine. Pág: 296.

³³ Jencks Charles. *The Architecture of the jumping Universe*. Págs: 77-79.

2.3 La Arquitectura

La idea de Koolhaas era la superposición de sistemas de igual jerarquía, los cuales se auto organizaran y mostraran un comportamiento similar al que muestran las ciudades en su crecimiento ya sea planeado o natural.

Aún cuando el proyecto de Koolhaas no se construyó, el proyecto ganador de Bernard Tschumi retomó la estructura de organización de Koolhaas y utilizó en vez de 5 sistemas superpuestos, sólo 3.

En el caso del Parc de la Villette, de Tschumi, el proyecto utilizó distintas ideas del Cine, la Literatura y la Filosofía. Existe un concepto abstracto de organización aplicado a un espacio real. Es la superposición de diferentes sistemas, que distinguen entre la abstracción y la forma figurativa. Estos sistemas son:

- Sistema de puntos: es una retícula ortogonal, en cuyos puntos se emplazan las *folies*. Son 26 cubos en total con arista de 10.8m ubicados en los puntos de las retículas a 126m de distancia. Dicha reticulación corresponde al concepto de Texto³⁴, el cual se refiere a lo que se encuentra entre el continente y el contenido; entre el objeto y el espacio. Son íconos en 3 dimensiones que marcan la jerarquía en el cambio de escala.
- Sistema de líneas: existe movimiento a través de galerías y recorridos peatonales que se comunican con el contexto. La Galería Villette (de orientación norte-sur), es perpendicular a la Galería Ourcq (de orientación este-oeste). Esta última es paralela al canal del mismo nombre, ubicado dentro del parque³⁵. Este paseo dinámico de 3km, conecta los jardines temáticos. El recorrido permite a los visitantes adquirir en distintos puntos, diversos ángulos de vista y percepciones; como en un filme se pasa de una escena a otra. Hay una doble lectura: el espacio y sus actividades. Aún cuando las condiciones están controladas, la disposición final es de resultado aleatorio.³⁶
- Sistema de superficies: es el primer nivel del sistema, es el espacio directriz, en el que se tejen los jardines temáticos:³⁷

³⁴ Eisenman Peter, Derrida Jacques. *Chora l works*. Pág: 134.

³⁵ Tschumi Bernard. *Document Extra*. Págs: 32-65.

³⁶ Oppici Fabio. *Entrevistas con Arquitectos*. Págs: 20-33.

³⁷ Página web oficial del Parc de la Villette.



Parc de la Villette



Niveles del Parc de la Villette



Parc de la Villette vista aérea

1. Jardín de los espejos: un juego de reflejo, con formas al infinito.
2. Jardín de las dunas: espacio infantil.
3. Jardín del vino: estructura visual a través de 3 esculturas que ofrecen distintos enfoques.
4. Jardín de los bambúes: oposición de luz-oscuridad, ritmo en elementos y desnivel. Presencia de música para guiar el recorrido.
5. Jardín de los movimientos: balance y movimiento mediante el espacio, el claro-oscuro y el silencio.
6. Jardín de las islas: reflexión de la luz del cielo en la superficie del jardín, mediante un espejo de agua.
7. Jardín del balance: ritmo en los colores de la vegetación y refracción de la luz en objetos metálicos.
8. Jardín de los miedos infantiles: contraste azul-plateado de la vegetación y música.
9. Jardín del dragón: juego infantil de grandes proporciones.
10. Jardín de las sombras: efectos visuales de luz y sombra.

Los jardines forman una red de espacios, sobre los cuales se estructuran los demás niveles de organización. Son el sistema base, cuya interrelación se percibe mediante la generación de distintos estímulos psicológicos.

La composición de las actividades y el movimiento de los elementos en el espacio, es similar a la que se puede apreciar en la obra de Kandinsky.³⁸

En el Parc de la Villette hay una superposición de espacio, escala y tiempo. Tschumi la define como una nueva estrategia urbana por su carácter de organización. Aún cuando él dirigió el plan general del proyecto, otros arquitectos, arquitectos de paisaje y artistas, también contribuyeron al desarrollo del parque.

Rem Koolhaas afirma que el carácter urbano de este parque radica en la densidad de actividades en una sola superficie, como puede ser la densidad de rascacielos en una metrópoli.³⁹ Aquí se relaciona la complejidad de espacios y actividades con el comportamiento de una ciudad, ya que este nivel de



Jardín de los espejos



Jardín de las dunas



Jardín de los bambúes



Jardín del vino



Jardín de los movimientos

³⁸ Oppici Fabio. *Entrevistas con Arquitectos*. Págs: 20-33.

³⁹ Koolhaas Rem. *Conversaciones con estudiantes*. Págs: 11-12.

complejidad es característico de ella, como sistema más grande del medio artificial.

La superposición de escalas necesita elementos jerárquicos, que definan la singularidad en el sistema fractal, los cuales en el caso de la Villette son las *folies*. El sistema de espacios exteriores, el sistema de espacios interiores y el sistema de comunicación y recorridos, definen al parque como una ciudad pequeña. Las zonas de estar y los jardines, son la base del sistema del parque; el espacio continente sobre el que se asentarán los demás niveles de organización.

El siguiente nivel, está definido por el sistema de las *folies*, son los objetos arquitectónicos que albergan las actividades. Causan tal tensión a la estructura general, que marcan el ritmo del espacio y son el punto de cambio entre los otros 2 niveles. Además la retícula que las genera, no es ni un objeto ni un espacio, sino algo en medio de los 2. Aún así es el sistema ordenador de los espacios, los objetos y la circulación, de una forma hasta cierto punto estática.

En el nivel más superficial, está el sistema de circulación, las conexiones en este nivel enfatizan el movimiento de toda la estructura del parque y su simetría. Ya que en este nivel se encuentran los ejes rectores del proyecto. Aunque no hay propiamente un concepto base, como explica Tschumi, el concepto es, sin embargo, la estructura misma.

La superposición de escalas y la forma de organización del parque son de forma fractal: es autosimilar en la interrelación de conexiones, todas las escalas se conectan a través de la retícula de las *folies*.

Existe un alto nivel de complejidad, debido a la cantidad de conexiones y la tensión entre los elementos conectores (la ortogonalidad de la retícula contra la circulación de forma orgánica). Hay una singularidad en el sistema representado por las *folies*, las cuales detonan el cambio de escala ya sea al nivel base o al nivel superficial. Hay una sucesión de ordenes de actividades, espacios, objetos, que son propias de un sistema caótico.



Jardín de las islas



Jardín del balance



Jardín de los miedos infantiles



Jardín del dragón

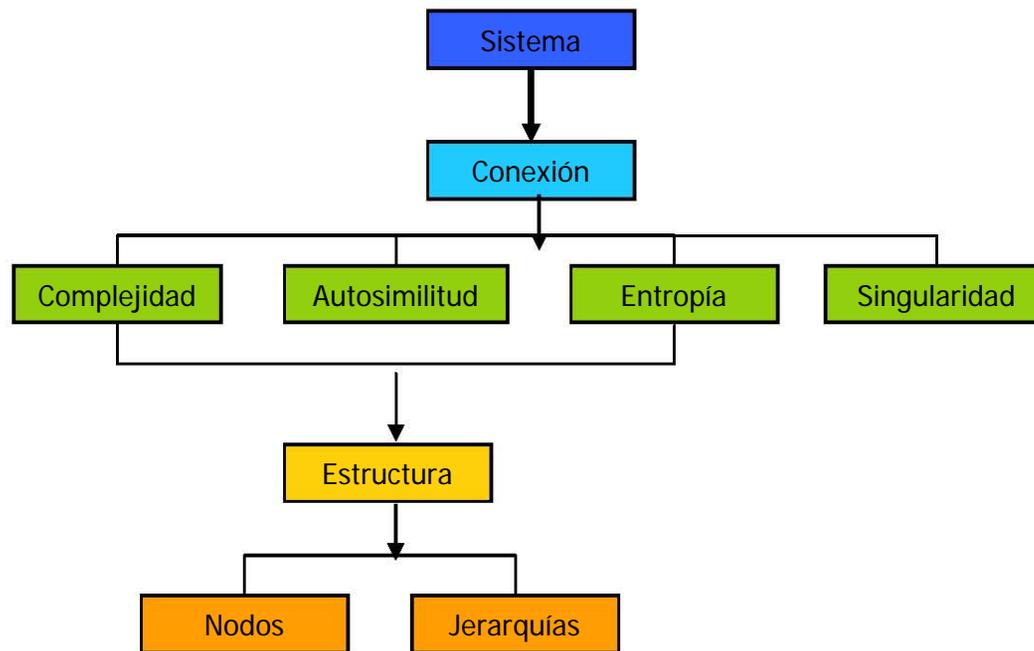


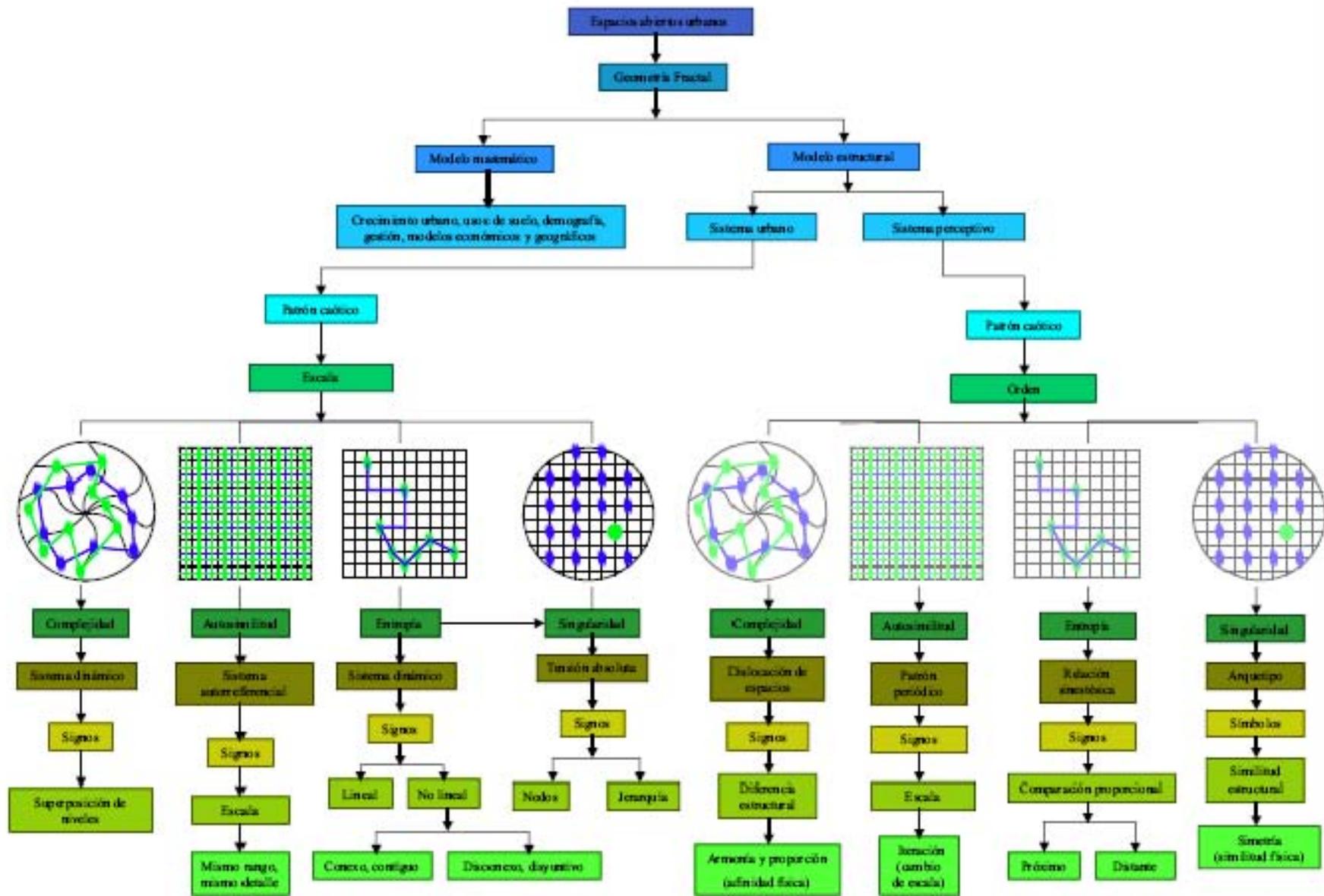
Jardín de las sombras

Esta tendencia irreversible al desorden, sin llegar a él (entropía) y hasta qué punto es predecible, queda demostrada cuando Tschumi explica, que aún cuando tenían los 3 niveles del parque por separado perfectamente definidos, al superponerlos el resultado fue y es hasta la fecha completamente inesperado.

Estas características se presentan también en las ciudades; la red de áreas exteriores como espacio continente, las calles y avenidas como sistema de circulación, los edificios en vez de *folies*, como espacio contenido, las manzanas como retícula, la cual a veces es ortogonal y a veces no. Todo esto justifica que Koolhaas compare a la Villette como el modelo de nueva ciudad en menor escala, pero no menos compleja.

3.1 Esquema de niveles de organización.





3.1.1. Polígono de Estudio.

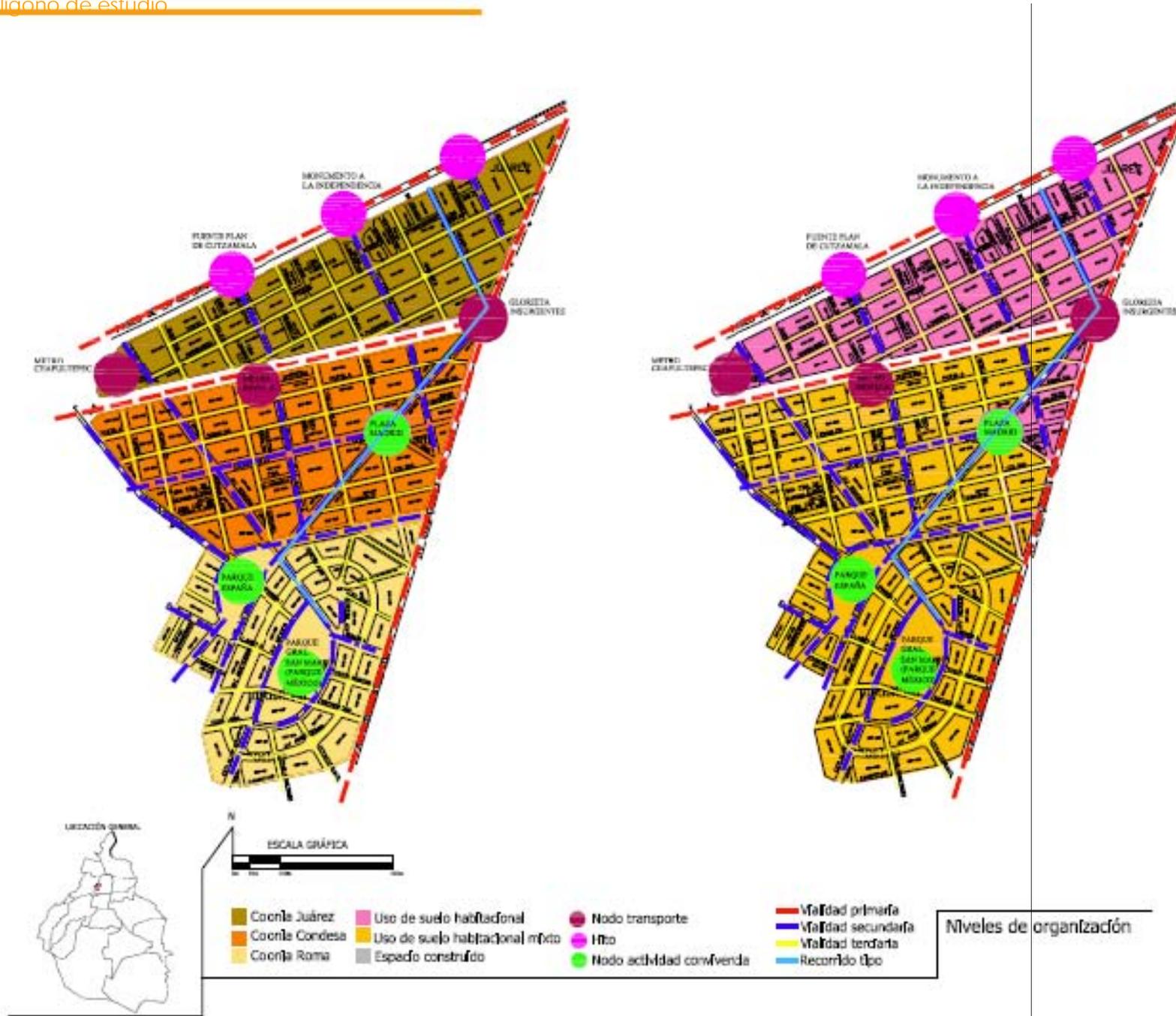
Delimitación:

El polígono de estudio ubicado en la delegación Cuauhtémoc de la Ciudad de México está limitado al norte por el Paseo de la Reforma, al sur por la calle Campeche, al este por la Avenida Insurgentes y al oeste por la Av. Veracruz, la calle Atlixco, la calle Fernando Montes de Oca y la Av. Nuevo León.

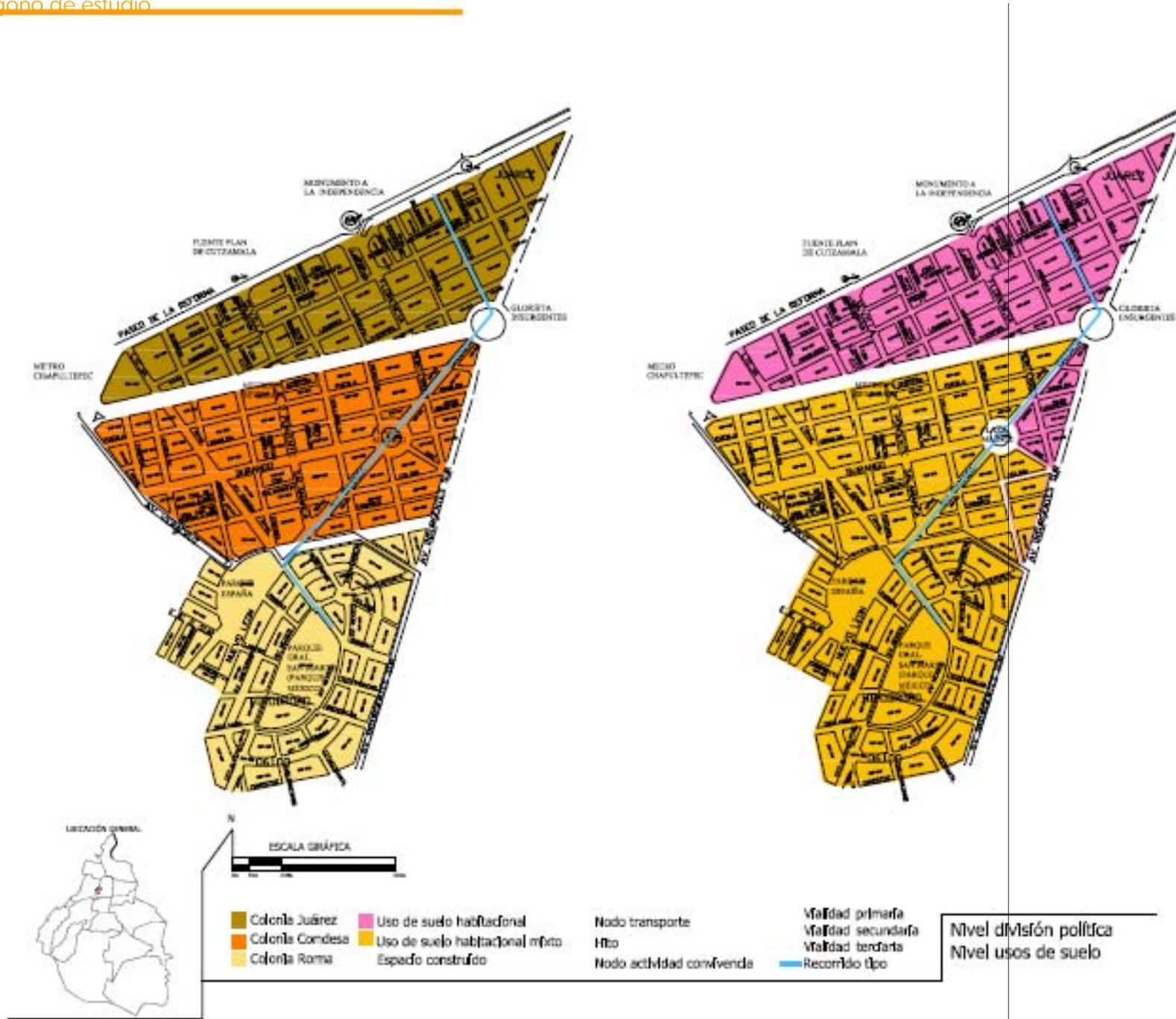
Recorrido tipo:

Dentro de este polígono se eligió un recorrido tipo que comprende la calle Génova desde el Paseo de la Reforma hasta la Glorieta Insurgentes, la Glorieta Insurgentes, la Av. Oaxaca hasta el Parque España, la Plaza Madrid, el Parque España, la Av. Sonora entre el Parque España y el Parque México, y el Parque México.

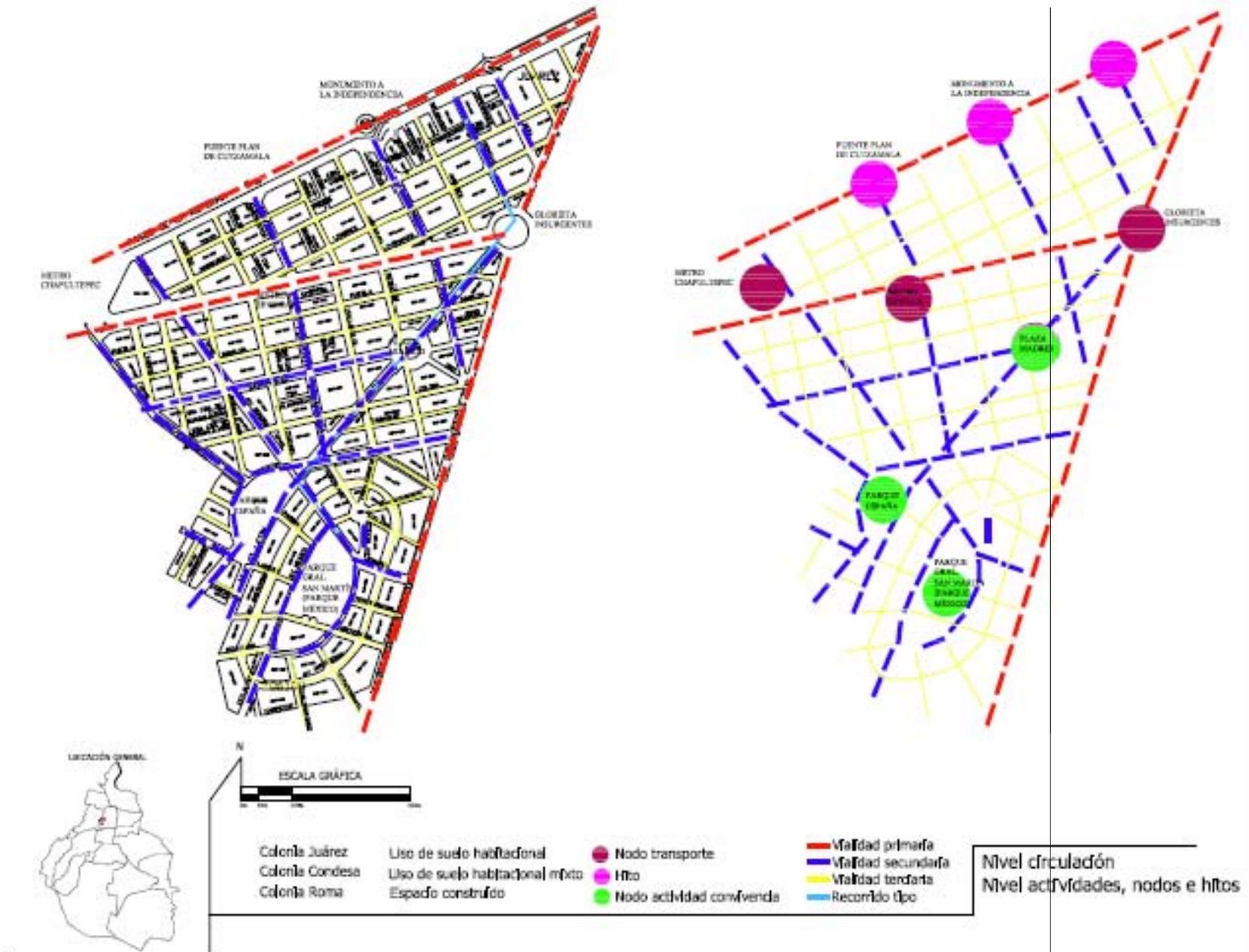
3.1.1 Polígono de estudio

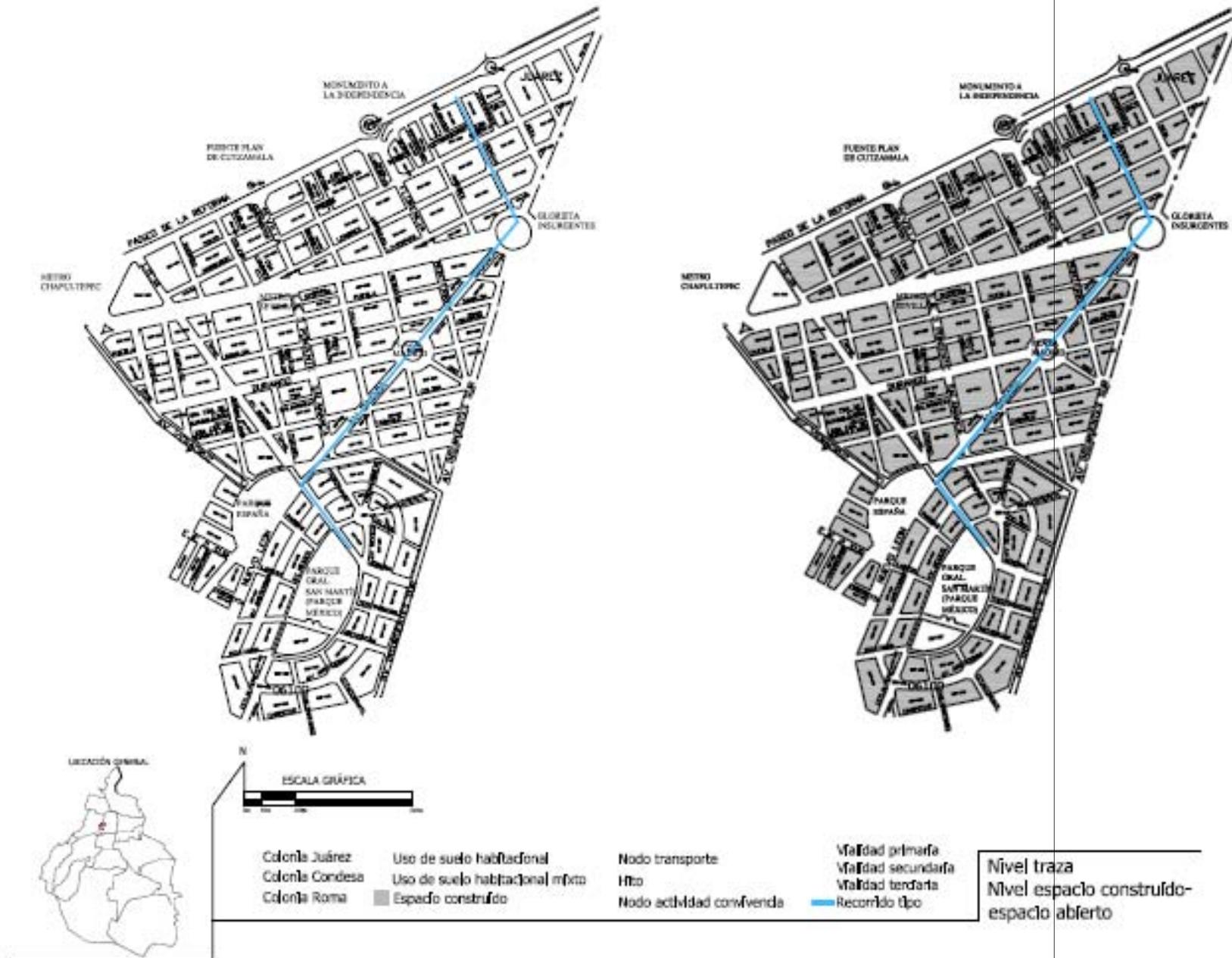


3.1.1 Polígono de estudio



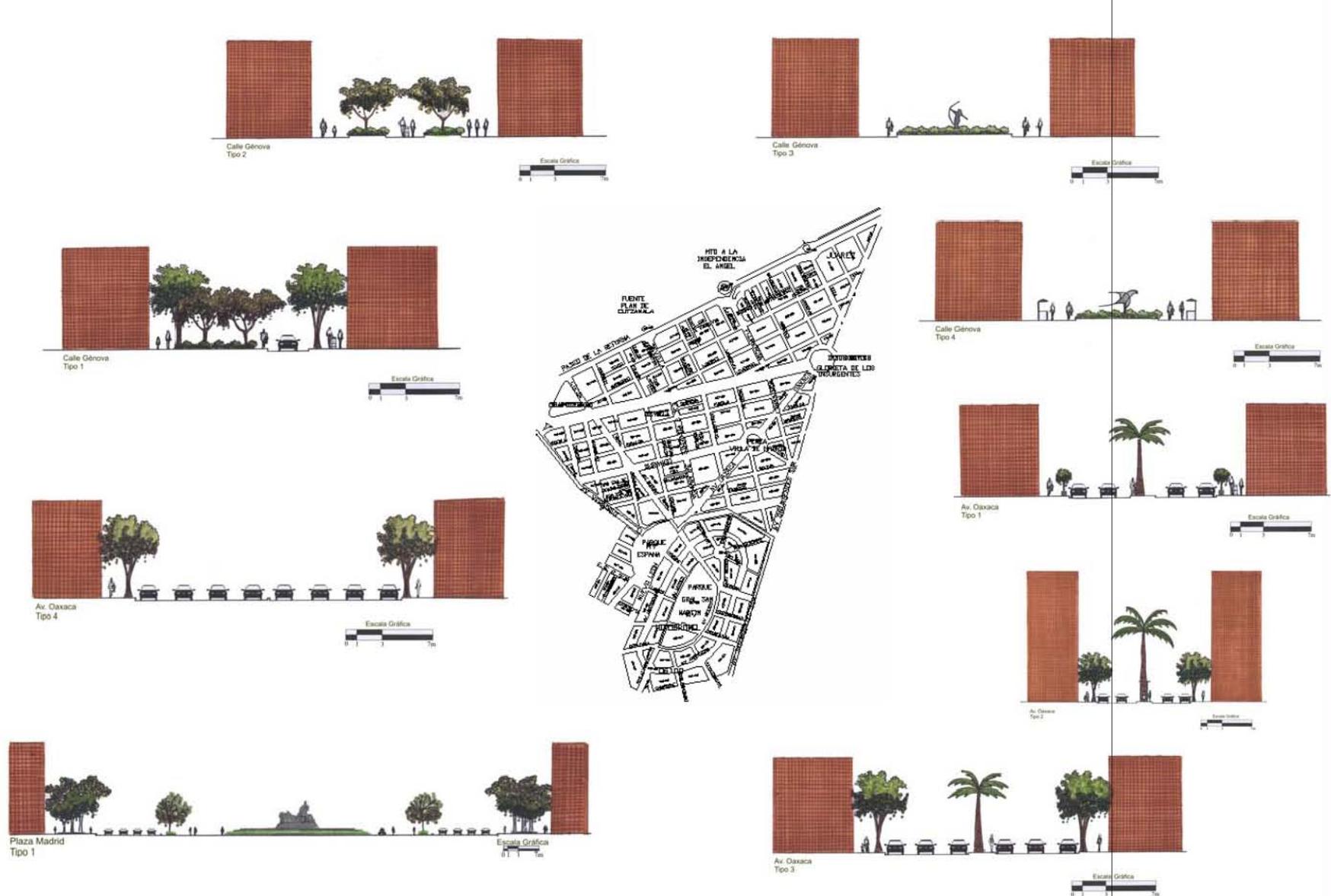
3.1.1 Polígono de estudio





3.1.1 Polígono de estudio

3.1.2. Ubicación de unidades de complejidad en el polígono de estudio.



3.2 Sistema urbano: Patrón caótico en función de la escala.

Los sistemas naturales basan su dimensión en función de relaciones matemáticas y geométricas, no en sistemas puramente físicos. La escala¹ es una relación entre las dimensiones de un objeto y un sistema de proporción elegido. La definición de escala usada tradicionalmente toma como punto de referencia las dimensiones humanas. Sin embargo en diferentes sistemas, la escala puede explicarse en referencia a sí mismos, es decir, es una escala autorreferencial.

Al entender el sistema espacial urbano como de tipo fractal, los distintos niveles que lo componen responderán a la escala dictada por el mismo sistema, esto es, cada nivel tiene la escala del conjunto. Esta escala se define por las características del sistema fractal; complejidad, entropía, singularidad y autosimilitud.

3.3 Sistema perceptivo: Patrón caótico en función del orden.

El orden es una relación entre la disposición de los objetos en el conjunto y la proporción que guardan con el espacio. Es también una sucesión de objetos o eventos y la relación que tienen entre ellos. La palabra clave entre el orden y el caos es la sucesión; el caos es una sucesión de órdenes y el orden una sucesión de eventos, por lo tanto el orden es un patrón en el tiempo².

La mente humana percibe el orden al reconocer patrones³. Estos patrones forman conexiones en el sistema que integran. Este orden perceptivo es otro sistema del conjunto urbano, de tipo fractal, el cual puede definirse también en función de los elementos mencionados en escala. La intensidad de la conexión fractal coincide con la capacidad del ser humano de sentir un espacio. Esta conexión identifica la conexión visual con la estructura emocional.⁴ En el proceso cognitivo, el cerebro traduce las conexiones percibidas como el significado de un espacio, este significado no es asignado a estructuras físicas, sino abstractas, las cuales constituyen mapas mentales.



Poligonal de estudio



Poligonal de estudio

¹ Soriano Federico. *Sin_tesis*. Págs: 11-41.

² Sametband Moisés José. *Entre el orden y el caos: la complejidad*. Págs: 149-152.

³ Lawson Bryan. *The Language of Space*. Págs: 72-76.

⁴ Salinger, Nikos. *Complejidad y coherencia urbana*.

3.4 La Complejidad.

3.4.1 El sistema dinámico físico y la dislocación perceptiva de espacios:

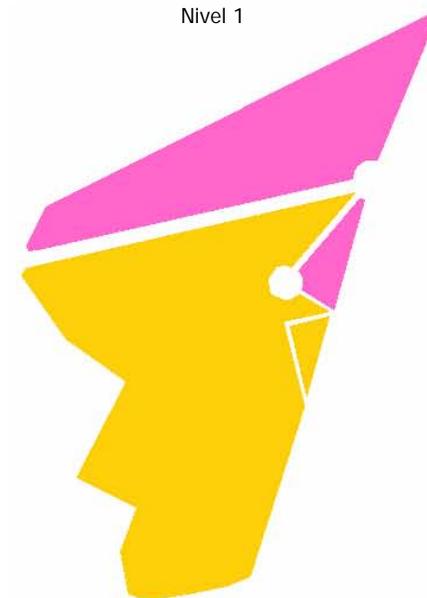
Los sistemas dinámicos son aquellos que evolucionan a través del tiempo. Poseen gran número de conexiones entre sus elementos, lo cual los hace sistemas complejos. Los niveles que forman estos sistemas, se comportan de acuerdo al tipo de conexión que los une. Los niveles de baja configuración (aquellos con pocas conexiones) son más susceptibles a cambiar, que los niveles de alta configuración (aquellos con muchas conexiones). El nivel de conexión es inversamente proporcional a la probabilidad de cambio. Esta asimetría la da estabilidad al sistema.⁵

Nikos Salingaros define las conexiones en espacios urbanos en función de 3 tipos de elementos: naturales (que se entiende como paisaje), actividades y arquitectónicos.⁶ Estos elementos se interconectan en los distintos niveles que forman el sistema.

- Nivel 1: debido a la división política del espacio, se localizan 3 colonias: Juárez, Hipódromo Condesa y Roma. Esto a su vez infiere 3 tipologías distintas, de acuerdo a su origen.
- Nivel 2: las actividades inferidas por el uso de suelo, el cual es habitacional y habitacional mixto (vivienda, comercio, oficinas, servicios). El uso habitacional está vinculado a vialidad secundaria y terciaria mientras que, el uso habitacional mixto está vinculado a vialidad primaria.



Nivel 1



Nivel 2

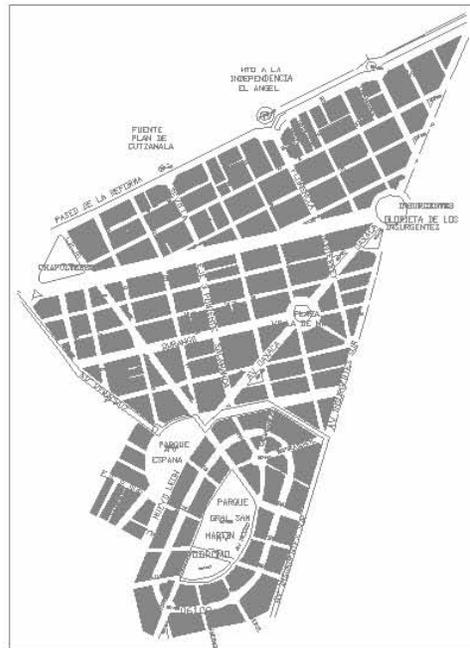
⁵ Habraken N.J. *The Structure of the Ordinary*. Págs: 42-43.

⁶ Salingaros, Nikos. *Complejidad y coherencia urbana*.

- Nivel 3: la traza del polígono presenta 3 patrones distintos con 2 características: ortogonal y elíptica. Los patrones discontinuos guardan una relación no lineal entre sí a través de la jerarquización de la circulación y las actividades que comparten. Además⁷ aparecen como variaciones dentro del sistema y conectan al menos 2 niveles del mismo. A través de su configuración funcionan como distribuidores de variables. En el caso de la poligonal de estudio, la variación está en la contraposición de patrones de trazas, a la vez que conectan los niveles de circulación, actividades.
- Nivel 4: el espacio construido delimita, define y fracciona el espacio exterior. Impone un límite físico y perceptivo. Las áreas interiores son funcionales si tiene conexiones internas diferenciadas no uniformes.



Nivel 3



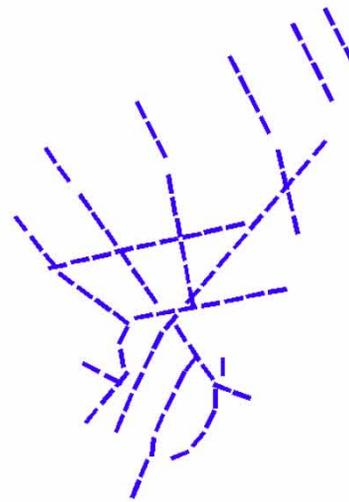
Nivel 4

⁷ Habraken N.J. *The Structure of the Ordinary* Pág: 249.

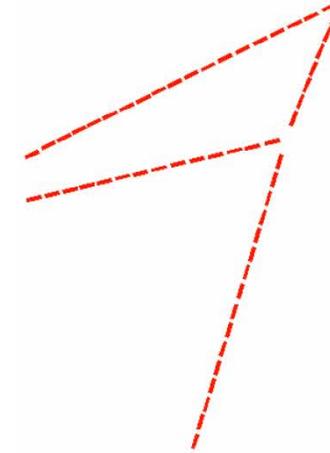
- Nivel 5: la circulación peatonal está fuertemente influida por la circulación vial. Aún cuando esta influencia jerarquiza hasta cierto punto los recorridos, las posibilidades de la circulación peatonal son infinitamente mayores, ya que es posible recorrer cualquier camino que no tenga un límite físico (como el impuesto por los niveles 3 y 4). En algunos casos el espacio construido actúa como significante social y el límite es perceptivo más que físico.



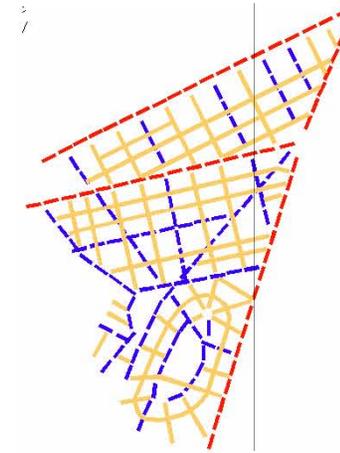
Vialidad terciaria



Vialidad secundaria



Vialidad primaria



Nivel 5

- Nivel 6: las actividades definen los nodos que existen en los espacios urbanos y se unen con características complementarias. Dichas actividades forman conexiones complejas con otros niveles y su probabilidad de cambio es baja. Sin embargo la estructura del nivel es simple⁸, lo que facilita la percepción y apropiación por parte de los usuarios. Este nivel está compuesto a su vez de los siguientes subniveles:

1. Nodos: con acceso físico del usuario.
2. Hitos: con acceso visual del usuario.
3. Concentración de transporte.

Todos estos niveles coexisten en el mismo espacio, que es lo que une y separa todos los elementos del sistema. La percepción del mismo es más compleja que la sensación visual de él. Percibir un espacio es tomar conciencia del mundo exterior que nos rodea. Aún cuando la sensación es un instrumento eficaz de percepción, el proceso por el cual se integran todas estas sensaciones es inconsciente. Es únicamente cuando algo inusual u otro tipo de sensaciones a las esperadas son percibidas en un lugar, que se toma conciencia del proceso.⁹

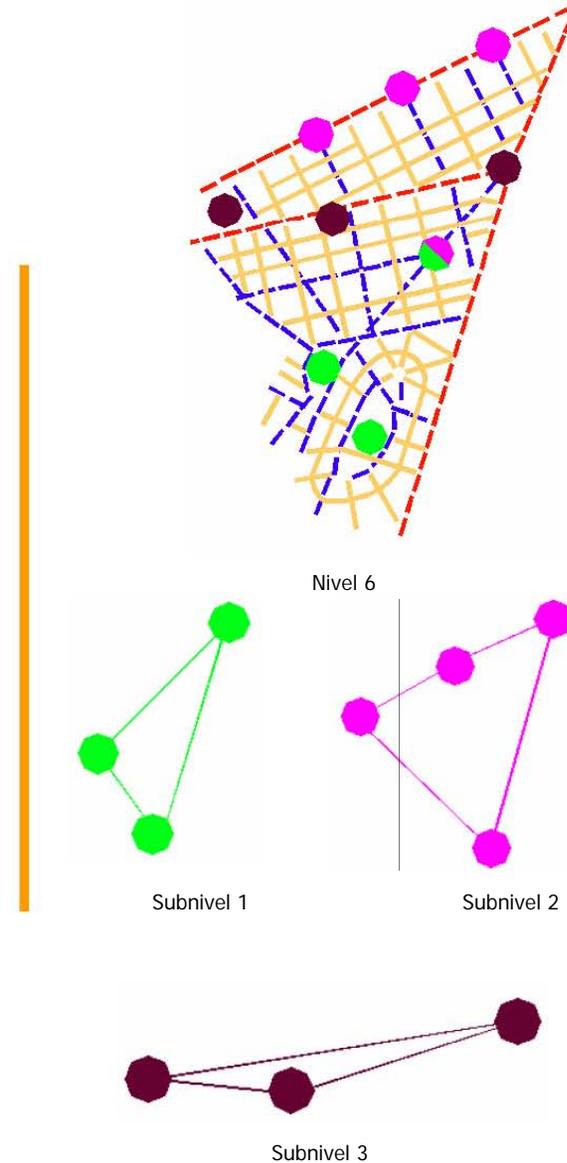
Esa característica inusual que rompe con lo esperado, que hace tomar conciencia de la percepción y obliga al usuario a encontrar qué es, es precisamente una dislocación del espacio. El espacio¹⁰ es abstracto, una cualidad inherente al medio y cuando se toma conciencia de él y se irrumpe en él, se convierte en un lugar. Se construye a partir de los conceptos de exterioridad y alteridad (condición de ser otro); es siempre externo e independiente. Al dislocar un espacio, se separan los niveles que lo forman. El orden, la distancia, el tamaño, la escala, primer plano, el fondo, el orden social, la simetría, el color, el significado y el contexto¹¹ son dislocaciones del espacio.

⁸ Salingeros, Nikos. *Complejidad y coherencia urbana*.

⁹ Lawson Bryan. *The Language of Space*. Págs: 42-43.

¹⁰ Wigley Mark. *The Architecture of Deconstruction: Derrida's Haunt*. Págs: 177-204.

¹¹ Lawson Bryan. *The Language of Space*. Págs: 42-68.



3.4 La Complejidad

En el caso de la poligonal de estudio, al separar los distintos niveles, éstos se aprecian como la dislocación del conjunto. Además se perciben las dislocaciones de cada nivel, estas secciones son percibidas por la mente como fracciones del conjunto. La mente recibe la información, la clasifica y establece conexiones¹². Si se separan estos niveles y se analizan, es más fácil entender el proceso de percepción del conjunto y tomarlo en cuenta para el diseño de nuevos niveles.

La percepción de los espacios que forman el polígono no es dispar debido a la conexión de los niveles.

El nivel 1 está subdividido en Juárez, Condesa y Roma. Cada subnivel tiene sus propias características espaciales. La colonia Condesa por ejemplo, tiene una densidad de vegetación en estrato arbóreo en calles, mayor a la que tienen las colonias Juárez y Roma en promedio. Aún cuando la densidad total de vegetación de las 3 colonias sea similar, al comparar una calle de la Zona Rosa (donde el estrato arbustivo es mayor al arbóreo) con una calle de la colonia Condesa (donde el estrato arbóreo es mayor y las especies son de fronda más densa), la Zona Rosa parece tener calles más amplia, luminosas y los locales comerciales (café, restaurantes y bares) son de ambiente más festivo que en la colonia Condesa o Roma (donde incluso la densidad de locales es menor).

El nivel 2 tiene una gran influencia sobre los niveles 1, 3, 5 y es determinante para el nivel 6. Con el nivel 1 hay una función de integración, la cual permite que el recorrido tipo tenga cambios de imagen graduales y se perciba como un conjunto.

Con el nivel 3 es también una función integradora, aunque los subniveles (traza ortogonal y elíptica) son perceptibles mediante la distribución espacial puntual, es decir, de forma fraccionada y no en conjunto como las actividades.

El nivel 4 determina la percepción del recorrido mediante la distribución de elementos. El nivel 5 y 6 dependen hasta cierto punto del nivel 2.



Calle Génova



Av. Oaxaca



Cruce calles Sonora-Amsterdam

¹² Salinas Nikos. *Complejidad y coherencia urbana*.

Teniendo en cuenta que la influencia de un nivel se define a partir de como puede explicarse dicho nivel en relación a los demás y al conjunto, se observa que el nivel 1 es en realidad el menos influyente dentro del sistema y los niveles 3, 4, 5 y 6 son los más influyentes. El nivel 2 tiene influencia intermedia determinada por las correlaciones con los demás niveles.

Nivel	Conexión fuerte con	Conexión débil con
1	3, 4	2, 5, 6
2	4, 5, 6	1, 3
3	1, 4, 5, 6	2
4	2, 3, 5, 6	1
5	2, 3, 4, 6	1
6	2, 3, 5	1, 4

3.4.2. Signos:

El signo es un objeto, fenómeno o acción material que, natural o convencionalmente, representa o sustituye a otro objeto, fenómeno o acción. Es la combinación arbitraria de un significado, o contenido semántico, con un significante o expresión formal del mismo. Los signos son formas o imágenes que representan conceptos o acciones.

Cacciari¹³ explica que un signo debe hablar únicamente de su renuncia a tener un valor y sólo a través de ello será capaz de reconocer su función verdadera. Sólo un lenguaje que reconoce sus propios límites es capaz de operar.

Los elementos gráficos de un signo¹⁴ son punto, línea, relación entre líneas, morfología y topología. La morfología de un signo hace que la mente busque un concepto o un objeto previo que ya conoce y lo relacione con esa imagen. Por ejemplo, un cuadrado puede recordar a una ventana o un rincón. Al estar en

¹³ Eisenman Peter. *The representations of doubt: at the sign of the sign*. En Re-Working Eisenman. Págs: 45-49.

¹⁴ Frutiger Adrian. *Signos, símbolos, marcas, señales*. Págs: 17-30.

contacto con un signo, se establecen puntos de referencia profundos con respecto a una posición fija, para buscar una simetría.

Los signos básicos¹⁵ son: cuadrado, triángulo, círculo, flecha y cruz. El cuadrado sugiere una forma neutral, el triángulo sugiere firmeza, el círculo movimiento, la flecha sugiere orientación o dirección y la cruz sugiere la perfecta simetría.

Las relaciones entre los signos dan lugar a signos compuestos. La composición varía si son signos iguales o distintos los que forman el nuevo conjunto. Un signo es autónomo cuando su enunciado visual es absolutamente inequívoco¹⁶. La combinación de signos produce una imagen gráfica, intelectual o filosófica. Cuando un signo es cerrado, el espacio interior se define como un volumen.

Los signos como imágenes están presentes de forma más global en la actualidad. Debido al intercambio de información, los estímulos son tantos y continuos que se saturan en la mente y disminuye su fuerza de significación. El exceso de información del mundo contemporáneo no es privativo de los acontecimientos, sino también de los espacios. Pero, ¿Cómo diferenciar un espacio con un sistema de signos complejo de uno saturado de imágenes?; el exceso de información niega significado. La percepción de los espacios ha cambiado y al acostumbrarse a tener todo “en vivo y en directo” la realidad se vuelve una hiperrealidad que ya no es real, según Leach. Además expresa¹⁷ que el espacio de la experiencia vital ha sido reducido a un sistema codificado de significación, y con el creciente énfasis en la percepción visual se ha producido la correspondiente reducción de otras formas de percepción sensitiva (como olfativa, auditiva, etc). La separación entre las prácticas espaciales y la representación del espacio es total. La gente que vive en las grandes ciudades es víctima de la violencia de la sobre estimulación visual, la asimilación de impulsos fragmentarios e irregulares tiene un efecto en el inconsciente colectivo de los habitantes; la percepción se intensifica y luego se bloquea. Para ajustarse al contenido y la forma¹⁸, renuncia a su respuesta y experimenta un shock. De acuerdo con la teoría del psicoanálisis, un shock es una rotura de la proyección mental contra los estímulos. La mente se bloquea y la conciencia impide que el

¹⁵ Ibid. Págs: 30-34.

¹⁶ Ibid. Pág: 36.

¹⁷ Leach Neil. *La an-estética de la arquitectura*. Págs: 13-35.

¹⁸ Ibid. Págs: 61-92.

shock (sobre estimulación) penetre en el ámbito de la experiencia y sea retenido por la memoria. El éxito de ésta acción mental depende cuantos y cuales estímulos se graben como experiencia (en sentido de práctica o habilidad), para pasar a ser parte de la experiencia vívida. Estas acciones bloquean la aprehensión de los signos desde el punto de vista estético (tomando en cuenta el concepto de estética griego basado en percepciones y no en teorías abstractas de belleza). La percepción no es un registro de elementos sino una captación de estructuras significativas¹⁹; los significados ya están dados.

Para los estímulos que los espacios urbanos producen, es importante tomar en cuenta que “esta percepción es el resultado del proceso psicológico por el cual las diversas sensaciones se organizan e integran para configurar un cuadro coherente y significativo del entorno o de una parte de él”²⁰.

Por otro lado, cada acción supone una organización del entorno a partir de la abstracción de objetos de los fenómenos que se presentan. Para poder organizar en sistemas y describir dichos objetos, es necesario fijarlos por medio de signos²¹. Con esto se expresa que los objetos en este sentido no son necesariamente físicos, de hecho pueden dividirse en físicos, sociales y culturales.

Los objetos físicos se conocen mediante la observación como datos sensoriales. Los objetos sociales, por otro lado, son conocidos mediante comportamientos o manifestaciones físicas. Los objetos culturales se conocen por sus manifestaciones físicas o sociales²². De esta forma un objeto físico es primario, un objeto social es secundario y un objeto cultural es terciario; un objeto cultural es de orden superior a uno social y físico, porque se compone de ellos, lo mismo ocurre con los objetos sociales en relación a los físicos.

La abstracción de las propiedades invariantes de los fenómenos son objetos. Si se entiende por fenómeno “todo aquello que se puede experimentar”²³, estos objetos se disponen en sistemas, ya que los fenómenos están siempre



Recorrido tipo

¹⁹ Krieger Peter coord. *Aprendiendo de Insurgentes*.

²⁰ Ibid.

²¹ Norberg-Schulz Christian. *Intenciones en Arquitectura*. Pág: 36.

²² Ibid. Pág: 38.

²³ Ibid. Pág: 20.

3.4 La Complejidad

interconectados entre sí, además de clasificarse en niveles. La interrelación de objetos de distinto orden forma el sistema perceptivo de un espacio.

Los signos que se identifican en espacios urbanos constituyen una importante referencia para los usuarios. Aquellos que constituyen un nivel con conexiones complejas, son percibidos de forma natural y no constituyen estímulos violentos contra los cuales la mente reaccione al sentirse saturada. En cambio, la sobre estimulación impide la abstracción y comunicación con el espacio y la interacción se reduce al mínimo.

3.4 La Complejidad

El recorrido tipo que se seleccionó dentro del polígono de estudio, permite el reconocimiento de éstos niveles:

1 En la calle Génova, la lectura del espacio permite identificar signos del paisaje a través de la vegetación, esto es constante a lo largo del recorrido. La dimensión de la circulación y la ausencia de coches, son signo del carácter peatonal de ésta calle.

2 En la glorieta de Insurgentes, la apertura del espacio en comparación con la calle anterior es signo de una concentración de actividades distintas, una conexión con otros espacios y una zona de intercambio. Aún cuando es también una zona peatonal no muestra signo de recorrido. Este no está prohibido, pero la gente atraviesa el espacio, no lo recorre. Las diversas opciones de salidas y la conexión con formas de transporte (sobre el espacio en la vialidad o debajo de él en el metro) sugieren un punto de reunión temporal.

3 La Av. Oaxaca entre la glorieta Insurgentes y la calle Puebla sufre un cambio de imagen dependiendo de las actividades que en ella se realicen. Entre semana hay una circulación moderada en comparación a la calle Génova, pero los fines de semana la circulación peatonal es escasa debido a que las oficinas de la zona no laboran. La vegetación abundante que forma una pantalla visual es signo de la negación del camellón adyacente, el cual tiene una imagen muy deteriorada en comparación a la calle analizada.



Calle Génova



Glorieta Insurgentes



Av. Oaxaca

3.4 La Complejidad

4 La Plaza Madrid, mejor conocida como la glorieta de la Cibeles, es un espacio en el que coinciden varios recorridos, pero no es un recorrido por sí mismo. Sin embargo hay permanencia ya que algunas personas pasean a sus perros o juegan fútbol. Aún cuando la fuente es una reproducción de la Cibeles de Madrid, la referencia no es obvia. El signo como referencia histórica es débil en comparación al signo que tiene como hito: la posición de la fuente en el espacio, la posición de la plaza en relación al espacio construido circundante y su relación tanto en distancia como en proporción horizontal-vertical.

5 La Av. Oaxaca entre la Plaza Madrid y el Parque España no permanece con la misma imagen ni proporciones. Cerca de la calle Salamanca, por ejemplo, se abre la visual y el espacio es mucho más amplio. Esto es signo de un cambio en la jerarquía de la vialidad, de un incremento en las actividades y de un espacio itinerante.

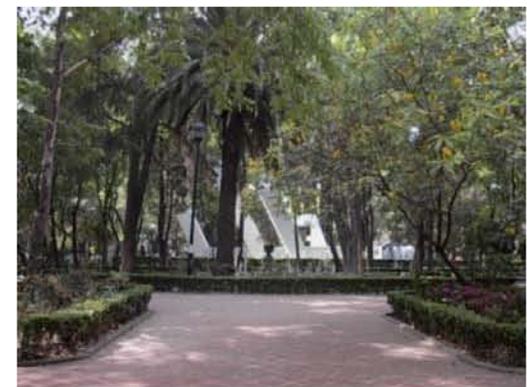
6 El Parque España tiene una referencia histórica constantemente presente en el espacio. El lago original de los años 20, del cual ahora sólo queda la estructura y el puente de madera, es un espacio signo de ese pasado. La vegetación en la que sobresalen las palmeras washintonias (las cuales están presentes a lo largo de toda la Av. Oaxaca) es signo de la continuidad de los espacios, los recorridos y de la integración del parque a su contexto ya que surgieron a la par.



Plaza Madrid



Cruce de las calles Valladolid y Colima



Parque España

3.4 La Complejidad

7 El Parque México, cuyo nombre oficial es Parque San Martín, tiene al igual que el Parque España una conexión histórica muy presente. Al conservar la imagen de los elementos originales como mobiliario urbano y el pequeño lago artificial que desde algún tiempo ha vuelto a tener cisnes, e incorporar nuevas actividades a esa imagen, como el teatro al aire libre en el cual ahora se llevan a cabo juegos de beisbol los fines de semana, estos elementos espaciales son signo de la evolución del parque dentro de su propio contexto. La vegetación contribuye a crear signos de actividades en el espacio, como los recorridos internos en el parque o las áreas de convivencia y descanso.

En los espacios en donde varios niveles del sistema tienen mayor influencia tiende a haber una saturación de signos, de los cuales sólo los de mayor jerarquía serán percibida. Ante la saturación hay un bloqueo y una desconexión con el medio; las sensaciones son tantas que se exacerban o se neutralizan unas a otras. Por ejemplo, a partir del recorrido tipo es más fácil recordar los signos percibidos en el Parque México que en la glorieta de Insurgentes, esto al menos en el sentido visual. En el sentido de experiencia vivida, la percepción de signos a los cuales se asigne un valor negativo o positivo puede ser igual de poderosa en un sentido u otro.



Parque México



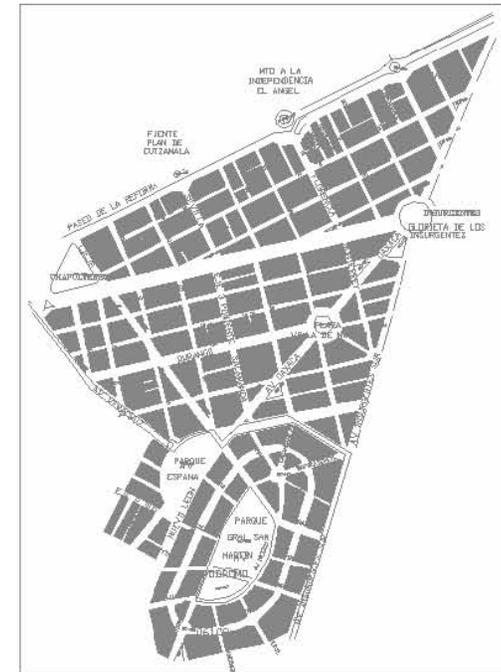
Recorrido

Se habla de una predisposición a dar significado a ciertos signos aún antes de experimentarlos. Esto puede ser en referencia a arquetipos (inherente) o al ambiente e influencia (aprendizaje) en que la persona se ha desarrollado. En el caso de un usuario que haya experimentado un espacio sin una previa formación en diseño de espacios o psicología ambiental y regrese a ese espacio con dichos conocimientos adquiridos, notará que su percepción del espacio ha cambiado radicalmente, aunque hay ciertas imágenes, referencias y construcciones mentales espaciales que no han cambiado o han variado poco. El valor de esas características que sobrevivieron al condicionamiento del aprendizaje, ¿Son un arquetipo o un signo ideal?, si puede repetirse en casos de distintos usuarios es probable que sea un arquetipo, si por el contrario, no ocurre con varios usuarios, es entonces un signo ideal. Los arquetipos, como los identificados en la glorieta de Insurgentes o la Plaza Madrid son evidentemente de gran importancia para la planeación de espacios urbanos por su impacto en los usuarios mientras que, los signos ideales identificados por ejemplo en algunos tramos de la Av. Oaxaca o en el Parque México, los cuales están más relacionados al aprendizaje (aunque no exclusivamente derivados) constituyen un nivel perceptivo intermedio que conecta y refuerza el nivel superior de los arquetipos, como ocurre con la interacción de los niveles físicos, ya analizados. Este nivel de signos ideales, que es intuitivo en la mayoría de los usuarios sin aprendizaje previo sobre el tema, es condicionado en usuarios con conocimientos previos. Los diseñadores de espacios pueden reforzar conexiones de espacios y actividades a través de éstos signos.

3.4.3. Superposición de niveles y diferencia estructural.

Los diferentes niveles que forman el sistema de un espacio abierto urbano, tienen entre ellos diferente grado de dependencia. Sin embargo, es posible establecer afinidad entre ellos a través de la superposición. Todos los niveles están superpuestos en el sistema, pero al separarlos y crear nuevos conjuntos de superposición, las afinidades quedarán expuestas.

1. Una superposición de niveles muy evidente en el polígono de estudio es la de traza-espacio construido. El nivel de espacio construido está completamente superpuesto al nivel de traza, así como el nivel de espacio abierto está superpuesto al nivel de espacio construido. Así como también los niveles espacio



Superposición 1

3.4 La Complejidad

4. La superposición de los niveles espacio abierto-espacio construido-uso de suelo no produce un resultado directo como en el caso anterior. Esto demuestra que la relación de superposición entre algunos niveles no es directa, sino que necesita de uno o más niveles liga. En este caso un nivel liga entre el nivel espacio abierto y el nivel uso de suelo es el nivel circulación.

5. En esta superposición, el nivel base de la superposición anterior es el uso de suelo y el otro nivel superpuesto es la circulación. Esto demuestra que hay una relación directa entre el nivel base y el nivel liga, cuando éste último pierde su calidad de liga.

6. En esta superposición, hay una dependencia de niveles, ya que el nivel espacio construido delimita el nivel circulación, aunque no es inherente a él.



Superposición 6



Superposición 5



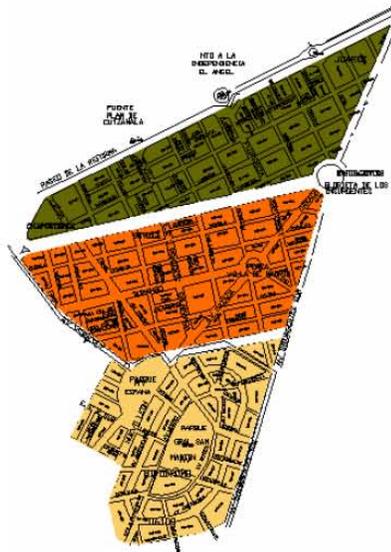
Superposición 4

3.4 La Complejidad

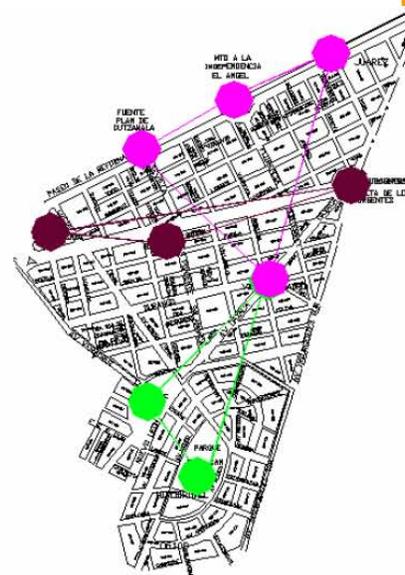
7. Al tomar el nivel vialidad y superponerlo a un nivel compuesto, como es el nivel actividades-hitos-transporte, hay un nivel intermedio que liga a todos los niveles, que en este caso es el nivel traza. Aquí la jerarquía del nivel liga es mayor al mencionado anteriormente, ya que al ligar niveles compuestos entre sí es de tipo influyente en relación al sistema, como ya se analizó.

8. Evidentemente el nivel liga influyente tiene una relación directa con los niveles base que une, sean simples o compuestos.

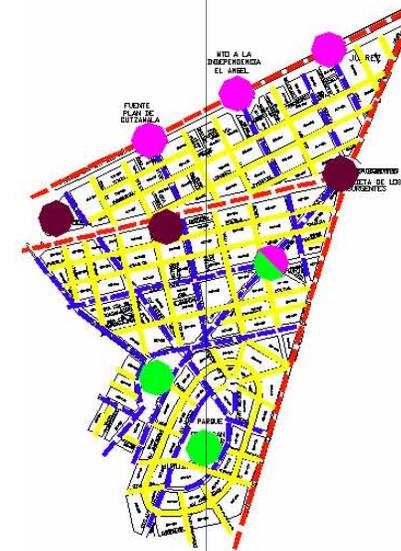
9. El nivel liga influyente también puede tener correlación con otros niveles sin que ésta sea necesariamente de tipo inherente o dependiente sino complementario.



Superposición 9



Superposición 8



Superposición 7

3.4 La Complejidad

Como se analizó anteriormente, la conexión de niveles en relación al sistema puede ser:

- Influyente: la relación entre niveles es integradora o determinante de elementos.
- Intermedia: la relación entre niveles es complementaria.
- Débil: la relación entre niveles es de coexistencia espacial.

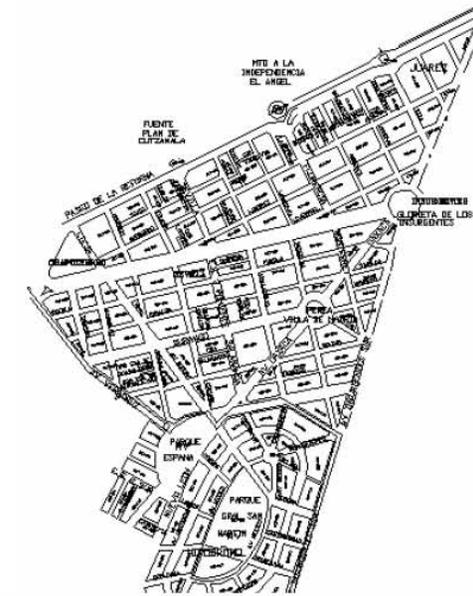
A partir de esto, se establece una clasificación de la relación entre niveles de superposición con base a sus conexiones internas:

- Relación nivel inherente. (1)
- Relación nivel complementario (2)
- Relación nivel base (3)
- Relación nivel liga (4)
- Relación nivel base-nivel liga (5)
- Relación nivel dependencia (6)
- Relación nivel liga influyente (7)
- Relación nivel base- nivel liga influyente (8)
- Relación nivel liga influyente con otros niveles (9)

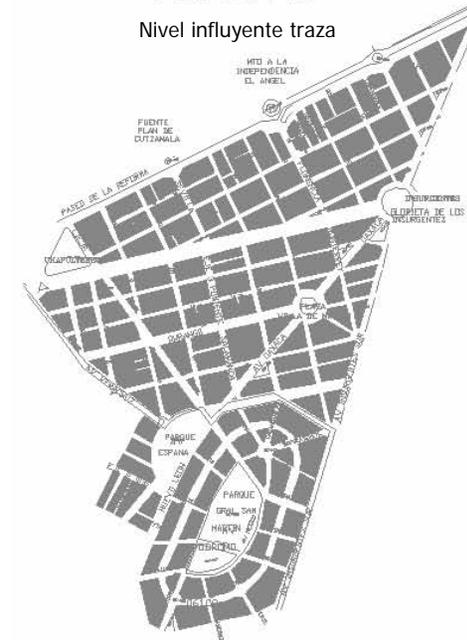
La percepción de la superposición de estos niveles es a través de la su configuración espacial y las diferencias estructurales que se puedan establecer entre ellos.

Las personas suelen tener diferentes puntos de vista sobre un mismo objeto o situación. Esta diferencia es debido a determinantes genéticas y ambientales, según los psicólogos han establecido. Sin embargo los seres humanos, según Habraken²⁴, tienen en general una tendencia a conceptualizar en términos de elementos combinados o agrupados de diversas maneras. Esta agrupación es una configuración mental y la descripción de formas tiende a cambiar según las características que la predisposición de cada persona permite, porque de manera consciente no se ve una configuración general sino particular. Al sumar agrupaciones con otras características, la configuración es más compleja y se

²⁴ Habraken N.J. *The Structure of the Ordinary*. Págs: 16-17.



Nivel influyente traza



Nivel influyente espacio construido-espacio abierto

reinterpreta constantemente. Llama Habraken²⁵ “configuraciones vivas” a aquellas que son activadas bajo un agente unificado. Con esta definición, los niveles descritos anteriormente constituyen configuraciones vivas perceptivas. Estas configuraciones se comportan como entidades auto organizadas.

Por otro lado, la psicología Gestalt²⁶ o de la forma considera que el todo es mayor que la suma de sus partes y determina la actividad de los componentes. Las imágenes son percibidas como un patrón en el cual el contexto es básico. La percepción de las imágenes está determinada por la configuración de sus elementos.

Ya sean imágenes u objetos, éstos son el conjunto de todas las características conocidas y desconocidas para el usuario; un fenómeno aparece mientras que un objeto existe y este fenómeno se vuelve representativo y se jerarquiza a través del usuario.²⁷

El hecho de que las partes estén condicionadas por el todo, muestra que se forma un sistema a partir de los polos que integran una percepción. Estos polos son posibilidades que integran un objeto intermediario. Los objetos intermediarios son los que se captan como primera intención, para percibir posteriormente los objetos puros que están unidos por el intermediario²⁸. Esta descripción de objetos intermediarios es coherente con la definición de nivel liga del sistema fractal analizado.

“Las formas son unidades orgánicas que se individualizan y limitan en el campo espacial y temporal de percepción. La percepción de las diferentes clases de relaciones corresponde a los diferentes modos de organización de un todo”.²⁹

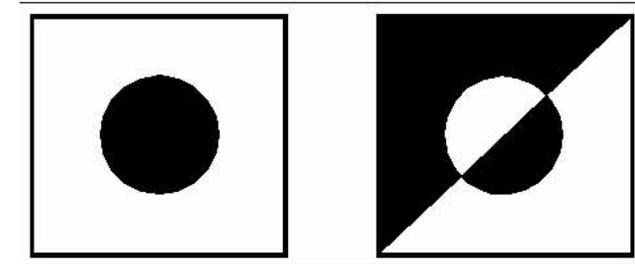
²⁵ Ibid. Pág: 18.

²⁶ Enciclopedia Encarta.

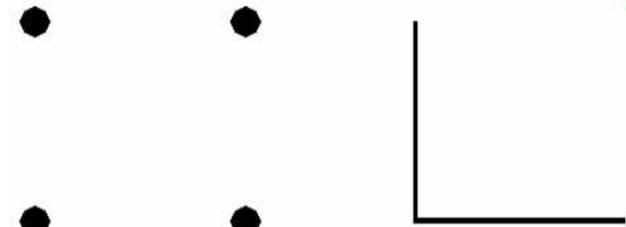
²⁷ Norberg-Schulz Christian. *Intenciones en Arquitectura*. Pág: 21.

²⁸ Ibid. Págs: 23-26.

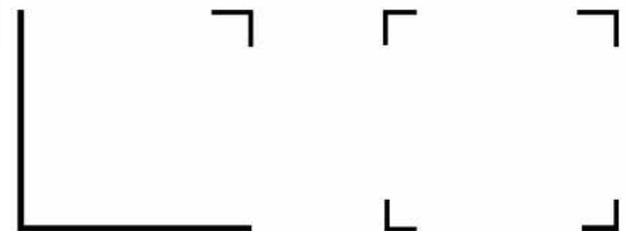
²⁹ Guillaume Paul. *Psicología de la forma*. Pág: 21.



Psicología Gestalt:
figura-fondo



Psicología Gestalt:
cerramiento



Psicología Gestalt:
cerramiento

La teoría Gestalt distingue 2 tipos de formas:³⁰

- Formas fuertes: están sometidas a la ley del todo; definen el sistema.
- Formas débiles: son parte del sistema pero poseen un cierto grado de autonomía.

Esta clasificación de formas es un sistema de organización perceptivo paralelo al sistema físico de distintos niveles. Las formas fuertes conectan niveles perceptivos para dar sentido al conjunto mientras que, las formas débiles conectan niveles intermedios para dar sentido a cada nivel.

La percepción de los objetos se da a través de diferencias de intensidad, esto es, existe en relación a un fondo y aplica tanto para objetos físicos como para cualquier hecho sensible. Las sombras son más visibles sobre el fondo que sobre la figura, por lo que ésta última es más resistente a la variación.³¹

En el caso de la percepción del espacio, la mente tiende a organizar en su mente las imágenes que se forman a partir del bombardeo de impulsos del medio y al organizarlas también las simplifica.³²

3.4.4. Armonía y proporción.

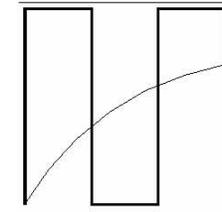
La armonía es la relación de las partes de un conjunto entre ellas y en referencia al todo. En el caso del sistema de espacios abiertos urbanos, estas relaciones han sido analizadas en el polígono de estudio mediante las conexiones por nivel, entre niveles y en el conjunto.

Las conexiones del sistema y las relaciones entre niveles son armónicas porque poseen la misma estructura. En el caso de la conexión y la liga influyente, se aprecia de forma clara.

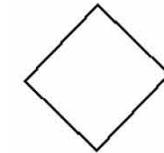
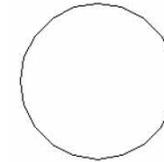
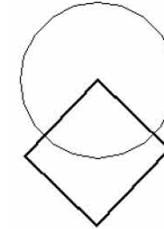
³⁰ Ibid. Págs: 32-35.

³¹ Ibid. Págs: 59-60.

³² Ibid. Pág: 80.



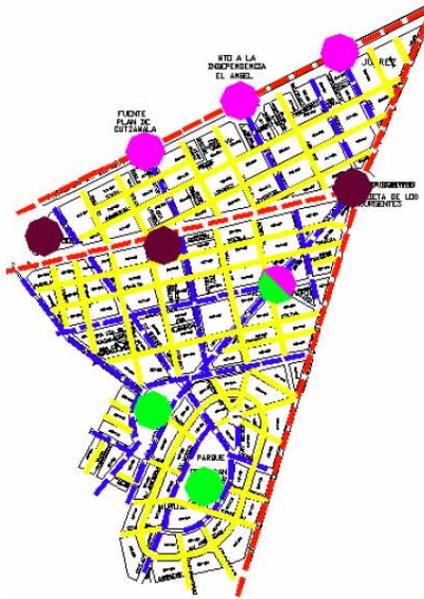
Psicología Gestalt:
continuidad



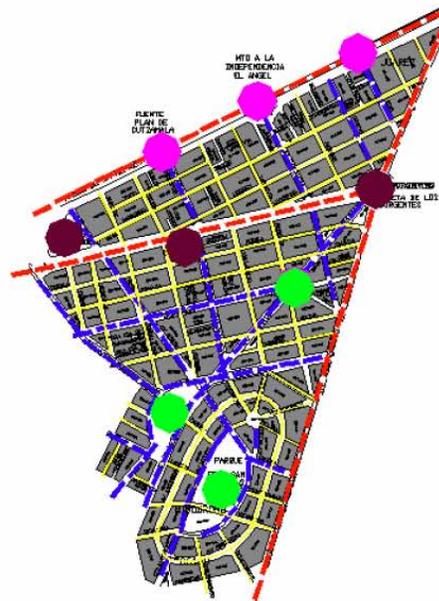
Psicología Gestalt:
Interpenetración de formas

3.4 La Complejidad

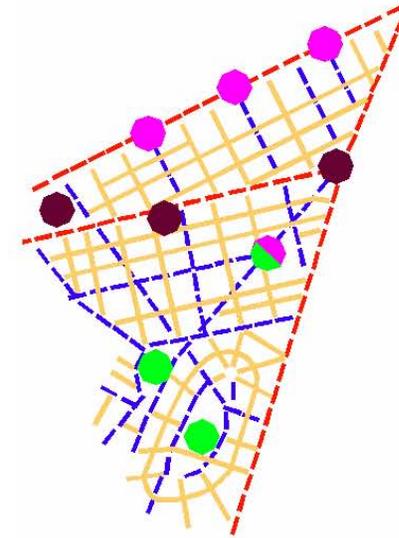
De las conexiones influentes: traza, espacio construido, espacio abierto, circulación y actividades, se forma un conjunto armónico: la liga influente. Esta liga es un subsistema que sintetiza una parte del sistema total. Es una muestra del comportamiento físico del conjunto. La armonía está dada en la coexistencia e interrelación de los niveles.



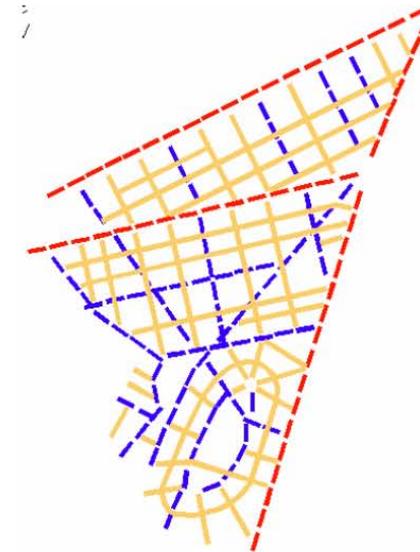
Liga influente



Liga influente



Nivel influente actividades



Nivel influente circulación

3.4 La Complejidad

La proporción es la relación de un conjunto en función a una referencia establecida. En este caso la referencia es la percepción humana, la cual aprehende el sistema. Cuando la mente está predispuesta a este sistema (fractal), se modifica la relación sensible con el espacio³³.

Al modificarse esta relación con el espacio, la proporción de las conexiones está en función del mismo espacio y como tal se percibe, debido a un condicionamiento previo. En el recorrido tipo, se aprecian diferentes puntos en los que la armonía de diferentes niveles tiene una referencia clara al espacio. Es trasladar la proporción, al tomar como referencia al espacio mismo, para establecer una afinidad física.

En el caso del Parque México, es parte del nivel influyente de actividades, está delimitado por los niveles influyentes de circulación, traza, espacio construido y surge del nivel de espacio abierto; es por tanto una liga influyente. Se determinó que es una liga influyente mediante una comparación con el sistema total analizado. Esta comparación establece si el comportamiento del Parque México como una parte del conjunto es proporcional al comportamiento del sistema completo.



Parque México



Parque México

³³ Baudrillard Jean, Nouvel Jean. *Los objetos singulares: Arquitectura y Filosofía*. Pág: 94.

3.5 La Autosimilitud.

3.5.1 Sistema autorreferencial y patrón periódico.

Un sistema autorreferencial posee una escala en función a sí mismo, las conexiones internas se explican en relación al conjunto. A partir de ello se identifica un patrón principal, el cual puede tener algunas variaciones en ciertos niveles pero se mantiene estable. Esto es muy importante en el sistema fractal.

En los espacios abiertos urbanos los distintos niveles que los conforman se interrelacionan y conectan tomando como referencia al conjunto. La funcionalidad de los mismos también es comparable con el todo del que son parte; es una comparación en base a sí mismos.

El límite de cada nivel está dado en referencia a los demás niveles y al propio sistema, es el sistema quien define estos límites. Las características de estos niveles sólo pueden explicarse cuando se define al conjunto. Un sistema es autorreferencial cuando los límites de sus conexiones lo son.

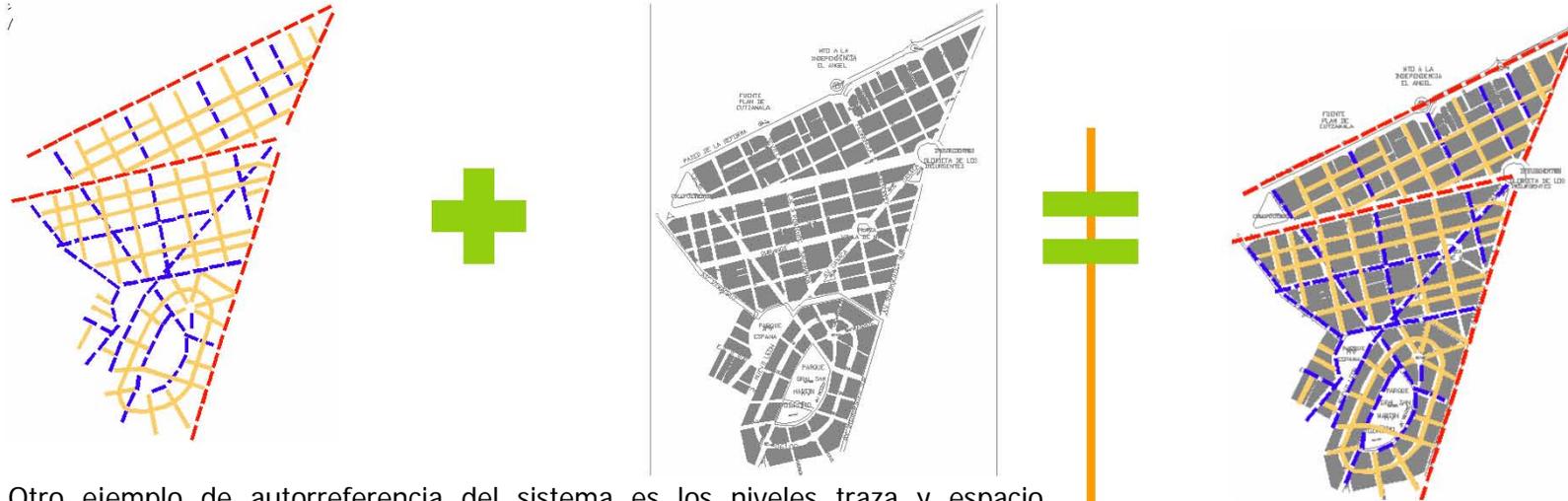
Los límites son planteados desde dentro³⁴. Las conexiones entre niveles los delimitan y definen.

En el polígono de estudio, estos límites entre niveles son claros cuando se explica el contexto en el que son válidos (el conjunto).

³⁴ Hernández Alejandro. *Arquitecturas al límite*. En la revista *Arquine*. Pág: 24.

3.5.1 La Autosimilitud

El nivel circulación (un nivel perteneciente al sistema analizado) está delimitado por el nivel espacio construido (otro nivel del sistema), es decir, sus límites hacen referencia a él. Al ser los 2 niveles parte del mismo sistema, la referencia entre niveles es una autorreferencia del sistema y lo que permite esta referencia de límites son las conexiones internas.



Otro ejemplo de autorreferencia del sistema es los niveles traza y espacio construido-espacio abierto. El nivel traza delimita al nivel espacio construido-espacio abierto. Este límite de niveles está en referencia al propio sistema.



Una autorreferencia más del sistema la constituyen los niveles actividades y circulación. Para hacer una delimitación de los puntos de actividades más importantes del conjunto, es necesario hacer referencia a la circulación y viceversa.



A partir de este análisis se puede establecer que las autorreferencias del sistema son una característica profundamente unida a las conexiones internas del mismo. Además las conexiones en las que los límites entre niveles son más claros, son de tipo influyente, es decir, la autorreferencia se manifiesta en las conexiones de tipo influyente del sistema. Esta manifestación, a través de un límite entre niveles, es en realidad una superposición de nivel dependencia.

Esta dependencia de niveles es perceptible a través de un patrón periódico en el espacio. Un patrón³⁵ es una relación consecuente y repetida de elementos; su aplicación revela el entendimiento común entre los elementos que lo forman.

Habraken explica que las relaciones dadas por un patrón en el sistema no ocurren necesariamente entre elementos del mismo nivel, los patrones incorporan relaciones lo suficientemente importantes para aplicarse de manera

³⁵ Habraken N.J. *The Structure of the Ordinary*. Pág: 236.

consistente. Entre más se repite un patrón, más fuerte es su impacto además de ser hasta cierto punto continuo y variado.³⁶

Por otro lado Nikos Salingaros establece una relación entre patrones a partir de la clasificación hecha por Christopher Alexander³⁷:

- Un patrón contiene o generaliza a otro patrón de menor escala.
- Dos patrones unidos son complementarios.
- Dos patrones resuelven distintos problemas que coexisten en el mismo nivel.
- Dos patrones solucionan el mismo problema de forma alternativa.
- Patrones distintos comparten estructura similar, lo que implica un nivel más alto de conexión.

La mente humana agrupa los distintos patrones y los valida de forma inconsciente. Los patrones le dan significado al espacio.

Por otro lado, los patrones espaciales no son únicamente físicos sino que implican también patrones de conducta. Hay una congruencia entre las actividades de la gente y los espacios donde éstas se desarrollan, esta congruencia se llama sinomorfia³⁸. A través de esto es posible conocer las cualidades espaciales derivadas de la repetición de patrones de conducta similares.

La teoría Gestalt habla de la percepción de esos patrones de conducta como expresiones. Los usuarios perciben propiedades formales del comportamiento de dichas expresiones como un valor intrínseco a ellas³⁹, es decir, relacionan actividades específicas a espacios específicos. Cuando estas actividades son resultado de un patrón, la mente las percibe como redundancia; el patrón es periódico.

³⁶ Ibid. Págs: 238-239.

³⁷ Nikos Salingaros. *Complejidad y coherencia urbana*.

³⁸ Lawson Bryan. *The Language of Space*. Pág: 11.

³⁹ Guillaume Paul. *Psicología de la forma*. Págs: 185-186.

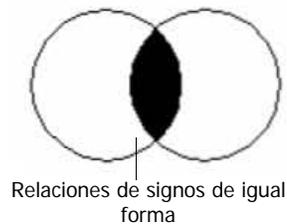
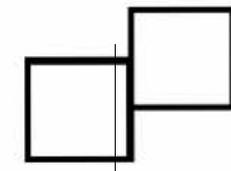
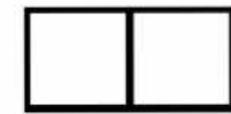
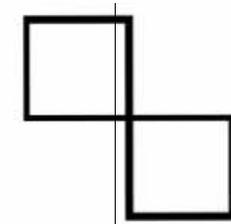
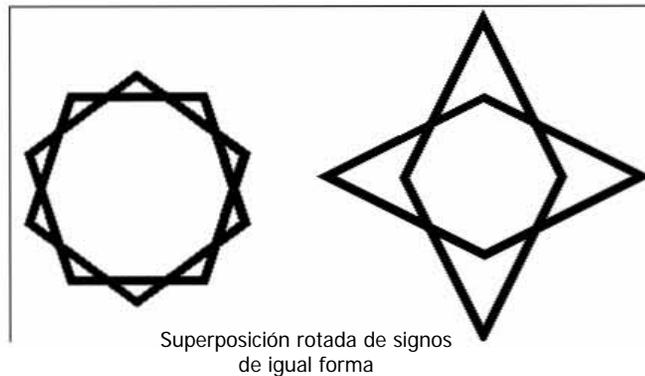
3.5.2. Signos.

Un signo se considera autónomo cuando su enunciado visual es absoluto y no da lugar a ambivalencias. La combinación de signos tiene una repercusión gráfica, intelectual y filosófica.⁴⁰

En el caso de signos de igual forma, al presentarse de forma contigua se establece una igualdad entre ellos. En cambio los signos superpuestos establecen un nivel de jerarquía en el que son superiores o inferiores. Cuando hay una intersección entre ellos, hay un cambio significativo en la lectura del conjunto.

Un punto importante en la relación de signos es la intersección de ellos. A partir de dos formas surge una tercera interior y común a ambas, aunque en algunos casos la fuerza expresiva de los signos originales se ve afectada. Sin embargo, en la superposición central de signos y posterior rotación se produce una figura autónoma. La composición está en la trama presente a partir de la eliminación de elementos para hacer reconocibles los restantes.⁴¹

A partir de estas características, los signos muestran la autosimilitud del conjunto como una relación de signos de igual forma, aún cuando se incorporen nuevos elementos en cada iteración, el tipo de conexión es el mismo.



⁴⁰ Frutiger Adrian. *Signos, símbolos, marcas, señales*. Pág: 36.

⁴¹ Ibid. Págs: 37-41.

3.5 La Autosimilitud

El signo completo⁴² es autónomo y posee una forma o caracterización dada. Está formado por todas las posibilidades, de elementos similares y distintos al interior del mismo. Al relacionarse con otro signo del sistema, la conexión no cambia porque los elementos que conforman los signos son similares; el signo total (espacio abierto urbano) está compuesto por una red de conexiones de signos similares entre sí y en relación al conjunto. El signo total es autosimilar. Como se muestra a continuación cada uno de los signos poseen características que se encuentran en el signo total, a la vez que muestran todas sus combinaciones:

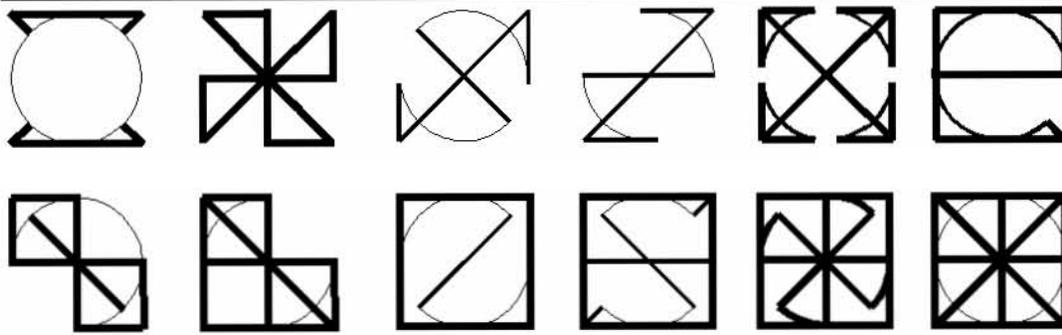


Tabla morfológica de signos abstractos de Frutiger (fragmento)

Por otro lado, en las áreas abiertas urbanas, los signos están estrechamente relacionados con el espacio. Esta relación permite vincular a los signos con un origen similar con referencia a las actividades. El signo total tiene el mismo origen a través de la relación espacio-actividades o sinomorfía que los signos que componen las partes del mismo.

En el polígono de estudio hay evidencia de la autosimilitud de signos. En la calle Puebla cercana a Insurgentes, la concentración de elementos, la relación espacio libre-espacio ocupado, el flujo de gente, la densidad de mobiliario urbano, entre muchos otros factores, son signo de que en ese lugar ocurren muchas y muy diversas situaciones. El usuario no la calificaría como una calle tranquila debido a la saturación.



Calle Puebla entre
Av. Insurgentes y Av. Oaxaca

⁴² Ibid. Pág: 42.

3.5.1 La Autosimilitud

Sobre la Avenida Oaxaca cerca de la Glorieta Insurgentes, la vegetación, la composición del espacio, el mobiliario, los servicios, entre otros, son signo de un espacio que se percibe con menor índice de actividad y menor saturación que el anterior, pero tampoco se podría calificar como una calle tranquila.

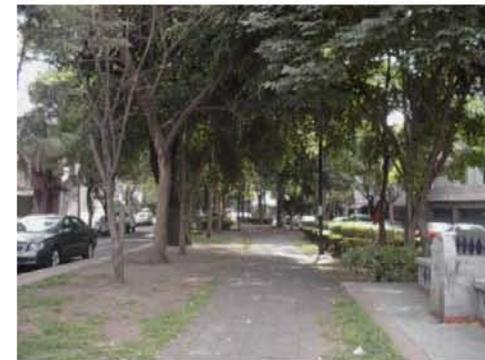
En la calle Amsterdam, el espacio es fluido, los servicios son reducidos, la vegetación es abundante, el lugar es confortable, entre otras características. Este espacio es signo del desarrollo de un menor índice de actividades en comparación con los otros espacios mencionados.

A partir de esto se puede inferir que los signos se manifestaron en función de la percepción espacio-actividades. En los 3 casos los signos fueron diferentes en apariencia, pero en todos los casos fueron obtenidos como resultado de la valoración de los sitios a partir de categorías similares de calificación.

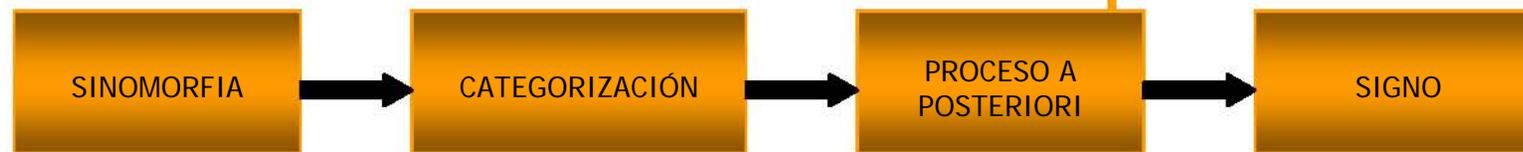
Primero se aprehende la sinomorfía del sitio, posteriormente se categoriza y califica y se forma una imagen mental representada como un signo, resultado del proceso de categorización. Así el signo es una imagen a posteriori del primer contacto con el espacio y esta imagen es autosimilar a la imagen de conjunto porque es resultado de la misma categorización. Todos los signos del sistema tienen el mismo origen y estructura.



Av. Oaxaca



Calle Amsterdam



3.5.3. Escala.

La escala de un objeto o un espacio depende de la elección de un sistema de proporción, esta medida no es absoluta. Sin embargo, al existir una proporción óptima o escala natural cualquier objeto o espacio puede adaptarse a ella. La desaparición del antropocentrismo como referencia de proporción, muestra una nueva concentración y abstracción de la arquitectura⁴³ y del espacio mismo en términos arquitectónicos.

Desde este punto de vista los espacios no tienen escala definida sino múltiples posibilidades dadas por su origen y sus características.

La percepción de la escala⁴⁴ de un espacio se mantiene constante aún cuando las sensaciones visuales que producen en el usuario cambien; la percepción de características tales como el tamaño, la forma y el color permanecen constantes con movimiento o sin él, sin embargo la sensación visual de las mismas cambia si hay movimiento o no. La escala se refiere al efecto que un objeto o espacio causa en el usuario en función de un tamaño relativo y no absoluto. El usuario lee esa escala a partir de las características del espacio que puede relacionar con detalles de su contexto que permanecen constantes en la mente, es decir, el usuario establece correlaciones entre algunas partes del espacio y sus concepciones mentales previas.

A partir de lo anterior se puede establecer que el usuario percibe la escala en base a lo siguiente:

- **Movimiento:** si se toma en cuenta que el peatón camina a una velocidad relativamente constante, responde a un patrón de movimiento⁴⁵. Mediante esto, los objetos y los espacios aparecen y se mueven en el campo de visión; el peatón los visualiza en un primer contacto y posteriormente irrumpe en ellos para finalmente salir de ellos. Así se establecen 3 fases de movimiento:

⁴³ Soriano Federico. *Sin_tesis*. Págs: 19-21.

⁴⁴ Lawson Bryan. *The Language of Space*. Pág: 46.

⁴⁵ *Ibid.* Pág: 55.

1. Fase introductoria o sensitiva: hay un contacto del peatón con el espacio como parte del contexto que aparece en el recorrido, es la primera interacción con el espacio y se establece a partir de la estimulación de un sentido o sentidos: vista, oído, tacto, olfato y/o gusto.
 2. Fase de conocimiento o experiencia: en este punto el peatón (entendiendo el término como usuario de la calle durante un recorrido) se convierte en un usuario del espacio, lo experimenta a través de la sensibilidad general del cuerpo (somestesia⁴⁶) en primer lugar y en la diferenciación a través de los sentidos especiales: materiales, color, sonidos, aromas, sabores, texturas, etc, y lo aprehende a través de percepciones.
 3. Fase final o de memoria: el usuario deja de serlo para retomar la categoría de peatón y continuar con su recorrido. En esta fase el peatón ya almacenó la información perceptiva del usuario.
- Significado: la memoria a largo plazo del usuario se apoya en la construcción de significados y conceptos⁴⁷. ¿Por qué es más fácil recordar un espacio que un número telefónico?. La experiencia con espacio es concreta y los números son abstractos. Bryan Lawson describe un experimento de Bartlett sobre una versión gráfica y con adultos de teléfono descompuesto. Se le muestra al primer adulto una imagen de un Mulak (ave egipcia), se le pide que lo recuerde y posteriormente lo dibuje. Luego se muestra a un segundo adulto el dibujo resultante, se le pide que lo recuerde y posteriormente lo dibuje. Después de varias personas y varios dibujos apareció la abstracción de un gato. Los dibujos posteriores a la primera aparición del gato fueron otros gatos cada vez con mayor grado de detalle. Cada persona buscaba en los dibujos un significado y al encontrar al gatito, procedieron a reproducir el concepto de gato agregando los detalles.



Fase 1: Plaza Madrid



Fase 2: Plaza Madrid



Fase 3: Plaza Madrid

⁴⁶ Ardila Alfredo. *Psicología de la percepción*. Pág: 94.

⁴⁷ Lawson Bryan. *The Language of Space*. Pág: 66.

3.5.1 La Autosimilitud

En el caso de los espacios, el usuario establece una conexión significativa con el sitio; la idea mental que reproducirá más tarde al describir o recordar el espacio es una relación de significado.

¿Cómo es la percepción de la escala autosimilar? La mente humana manifiesta un comportamiento en base a procesos conativos, cognitivos, instintivos y de habilidad.

Al partir del movimiento y el significado como parámetros para captar la escala, la mente establece diversas correlaciones organizadas de manera autosimilar. En la fase introductoria, el contacto a través de los sentidos es una sensación concreta, lo que habla de un estímulo que el cuerpo capta como instintivo (al ser inconsciente e incontrolado) pero específico, porque estimula a un sentido o sentidos en particular.

En la fase de conocimiento, por un momento ocurre una sensación somestésica, porque el estímulo del espacio hacia el usuario es instintivo y general. Posteriormente el estímulo se torna instintivo y específico, así los sentidos pueden codificarlo y de esta manera percibir la escala, entre otras características del espacio. La percepción de la escala es ya un proceso que puede considerarse conativo, por ser consciente e incontrolado. Los materiales como la madera o el acero causan reacciones distintas y se perciben de diferente manera; el acero resulta un material más frío y lejano que la madera. Los colores por otro lado, también influyen en cómo se percibe la escala, los colores cálidos como el amarillo, el naranja y el rojo parecen estar más cerca que los colores fríos como el azul y el violeta. Un espacio color rojo parece más pequeño que uno pintado en azul⁴⁸. Además la escala interactúa con otros procesos conativos como las emociones y los sentimientos.

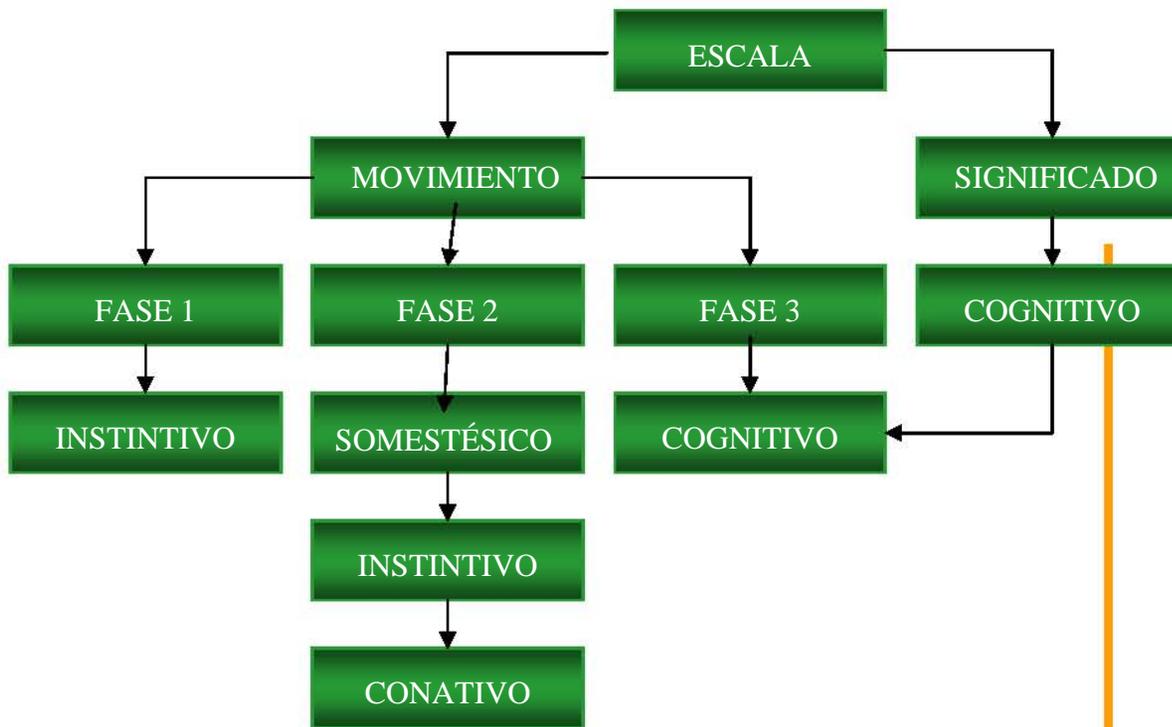
La fase final está ligada al significado. Aquí el usuario ya percibió la escala y la juzga en función de lo que el espacio le produce y significa. El hecho de que una iglesia sea más grande que una caseta de cobro de estacionamiento no es únicamente porque en una deben haber 500 personas y en la otra sólo una, sino porque una iglesia refleja el significado religioso profundo que tiene para quienes



Modelo del comportamiento humano de Lawson

⁴⁸ Ibid. Pág: 63.

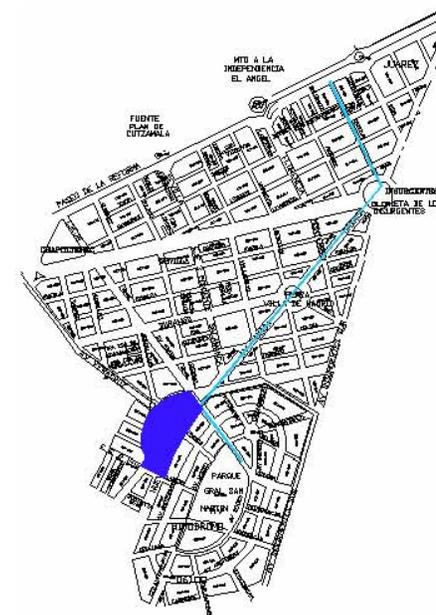
asisten a ella y la caseta sólo le significa al usuario un servicio. En este punto el significado es un proceso cognitivo, por ser consciente y controlado.



Para que la escala de un espacio sea una característica autosimilar debe mantener la conexión entre sus partes y con el conjunto.

En el caso del polígono de estudio, ¿cómo puede medirse la escala del Parque España?, ¿es adecuada o no?. Las conexiones entre las partes del espacio desde el punto de vista físico se explica mediante la proporción, armonía y funcionalidad de la arquitectura. Desde el punto de vista perceptivo, la psicología ambiental ha estudiado estas conexiones. En el sistema autosimilar, el usuario es una parte más que forma las conexiones del espacio aunque la interacción de esta parte es un sistema del sistema.

Para un usuario que llega al Parque España y pasa por las fases de movimiento y significado, se forma una idea del parque en base a la experiencia que el espacio



Parque España en la poligonal

3.5 La Autosimilitud

le produce y lo compara con su concepto abstracto de parque, el cual es variable según si se trata de un arquitecto paisajista o de un niño de primaria. Si la experiencia es agradable y la comparación de conceptos es positiva o incluso superada por la experiencia, el usuario pensará que la escala del parque es adecuada.

Por otro lado, la escala del parque en función del sistema establece una relación de proporción y comparación. Es difícil que algún vecino de la colonia Condesa crea que el Parque España está fuera de escala, porque cubre las necesidades espaciales y de actividades de los usuarios de la zona al ser un parque para una colonia, incluso si se observa en su configuración espacial en un plano no se aprecia como fuera de proporción en relación a los demás espacios. En cambio si tuviera las dimensiones y actividades de un parque de diversiones a cualquier vecino le parecería fuera de escala.

La configuración espacial y perceptiva del contexto también es importante. La fase introductoria planteada en la característica de movimiento resulta básica en este punto. A un usuario que sigue un recorrido sobre la Av. Oaxaca y llega al Parque España está acostumbrado a cierta distribución espacial que ha experimentado durante el camino, en el parque el espacio se abre pero continúa dentro de cierta proporción. En cambio un usuario que llega a un parque de diversiones como Six Flags tiene la distribución espacial de Periférico y descubre que las actividades que se desarrollan ahí son distintas a las que se desarrollan en el parque España, además de ser distintos conceptos. Six Flags es parte de otro sistema y responde a él: es un parque para un sistema de ciudades, y el parque España es un parque para colonos.

3.5.4. Mismo rango y detalle, iteración.

Se definió la iteración como el cambio de escala en un sistema fractal. En base a lo analizado para la percepción de la escala, alguno de estos mecanismos debe detonar la percepción del cambio de ella.

Retomando el ejemplo del Parque España, cuando el usuario recorre el espacio nota diversos niveles de organización, todos parte del conjunto parque y parte del nivel espacio abierto del polígono.



Parque España

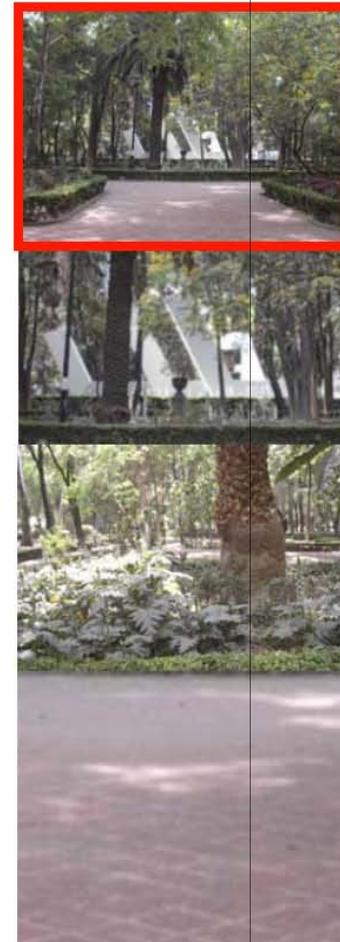


Parque España

3.5 La Autosimilitud

Percibe diversos detalles como la vegetación, el pavimento, el mobiliario y también percibe el conjunto.

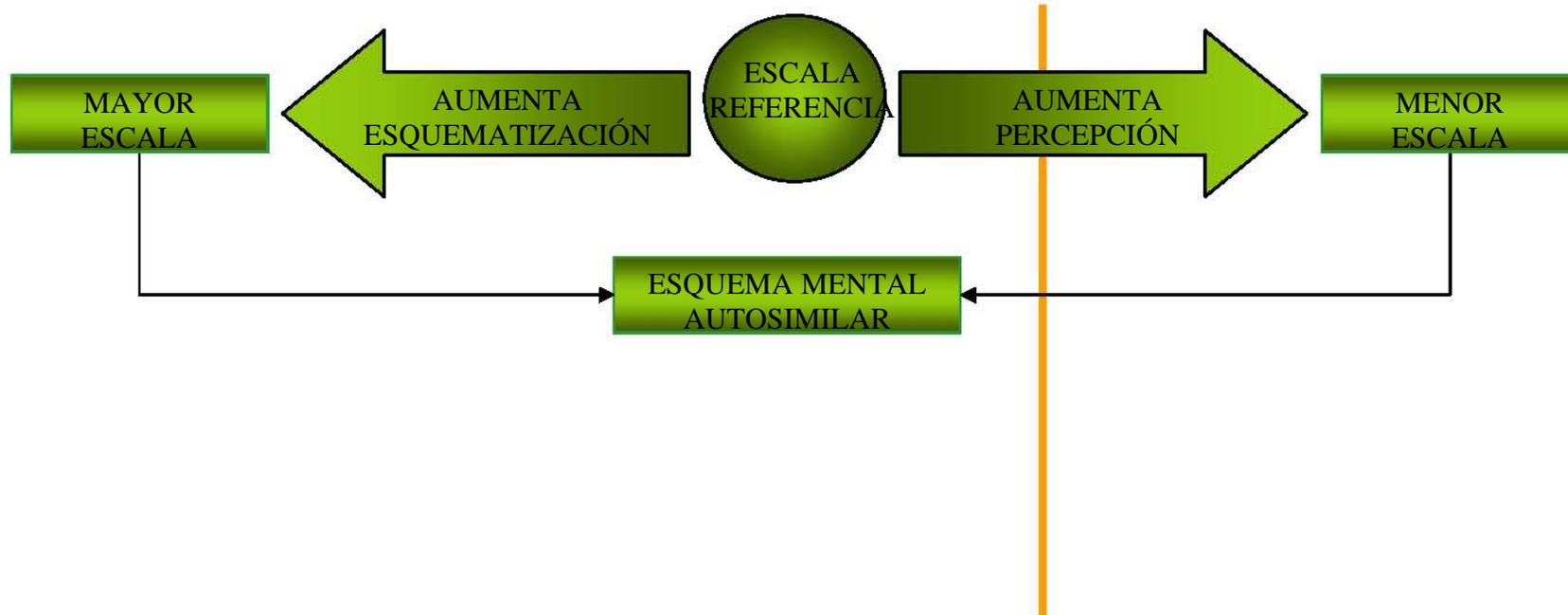
No es posible en ningún sistema conocer la escala mínima y la escala máxima, porque el proceso es prácticamente infinito. Debido a esto los procesos de cambio de escala se hacen entre escalas intermedias. En este caso se toma el ejemplo analizado como escala de referencia:



Se observa que al disminuir la escala, el nivel de detalle aumenta mientras el rango continúa estable. En cambio al aumentar la escala el nivel de detalle disminuye a la vez que perceptivamente se vuelve más esquemático. Al parecer conforme las iteraciones se orientan hacia escalas mayores el significado, basado en un proceso cognitivo, adquiere mayor presencia mientras que, conforme las iteraciones se orientan hacia escalas menores el movimiento, basado en un proceso perceptivo se más fuerte.

Al aumentar la escala, la percepción es sustituida por un esquema mental cuya organización sea una extensión de la percibida en escalas de percepción más específicos. El usuario no puede experimentar en un sólo momento escalas que lo rebasen perceptivamente, como es el nivel espacio abierto. No puede por ejemplo, percibir todas las calles, la plaza Madrid, el Parque España y el Parque México al mismo tiempo. La fase 1 de movimiento puede desarrollarse en una vista aérea, pero las fases 2 y 3 simplemente no aplican. Al tomar la base perceptiva de escalas menores, la esquematización de éstos niveles es aplicable a niveles superiores porque se encuentra presente en todas las escalas. Es a través de ésta esquematización que todas las escalas se conectan y tanto mental como físicamente la esquematización aumenta con la complejidad.

También es muy posible que la velocidad y lo específico del esquema mental varíe según los conceptos previos, es decir, el esquema mental de un arquitecto paisajista debe ser distinto al de un niño de primaria, al de un deportista o al de una ama de casa. Cada persona organizará el esquema en base a las percepciones más fuertes que obtuvo en niveles de mayor detalle y en base a los conceptos que considere más importantes ya sea consciente o inconscientemente.



3.6 La Entropía.

3.6.1. Sistema dinámico y relación sinestésica.

La entropía es la medida del desorden que existe en un sistema y nunca decrece; es proporcional al número de configuraciones posibles del sistema.⁴⁹ En el caso de los sistemas urbanos, las configuraciones son todas las formas posibles en que los elementos pueden distribuirse en el sistema sin que éste pierda sus propiedades. Debido a esto, las distintas configuraciones mantienen los niveles del sistema. Entre mayor sea la cantidad de configuraciones posibles, mayor es la entropía del sistema, esto es, la tendencia al caos como sucesión de órdenes complejos. La entropía es un indicador de la complejidad del sistema.

Al incorporar nuevos elementos a un sistema dinámico, éste debe reestablecer su equilibrio interno, la entropía permite al sistema equilibrarse y evolucionar porque considera todas las opciones.

Por otro lado, la evolución entrópica del sistema no es únicamente en términos físicos, sino también perceptivos. La combinación de los distintos elementos en la mente del usuario forma muy diversas correlaciones, las cuales a veces son fácilmente corroboradas por la experiencia dada y otras no.

Existe una condición llamada sinestesia⁵⁰, en la cual el estímulo en una modalidad sensitiva provoca una sensación involuntaria en otra modalidad. De acuerdo con diversos estudios psicológicos y psiquiátricos, algunas personas relacionan estímulos a un sentido con respuesta en otro. Una persona puede ver un color o una forma al escuchar una palabra por ejemplo, pizza-rosa y siempre relaciona la misma palabra (pizza) con el mismo color (rosa), aunque otra persona que también vea colores al escuchar palabras, puede ser que al escuchar la palabra pizza vea el color morado.

Hay varias combinaciones sinestésicas además de sonido-color, como lo son olor-color, olor-forma, etc. Quienes ven colores al escuchar palabras no reportan las visiones como externas o físicas ni como imágenes mentales conscientes, sino

⁴⁹ Sametband Moisés José. *Entre el orden y el caos: la complejidad*. Pág: 89.

⁵⁰ Harrison John. *Synaesthesia: the strangest thing*.

como las imágenes que aparecen en los sueños. Los especialistas aún no tienen una teoría contundente de lo que causa ésta condición, si es inherente o inducida por aprendizaje, aunque la psicología Gestalt⁵¹ supone un origen asociativo. La variabilidad de estas sensibilidades puede ser una inestabilidad asociativa. Lo cierto es que estos caracteres son inteligibles para todas las personas y describibles en todas las lenguas de forma analógica.

De acuerdo con la Gestalt, cualquier persona puede desarrollar una condición sinestésica y para esto es necesario una percepción *inductora no delimitada* para impedir una primera asociación obvia y al no existir este límite la persona tiene la impresión de recibir la cualidad sensible y convertirse en un estado del sujeto y no una cosa exterior.

Esta sensación está en oposición a la percepción objetiva, la cual ya es una modificación de la sensación general, que es más primitiva y menos razonada. La sensación general posee propiedades intermodales, que son comunes a diversas sensibilidades y son evidencia de las sensaciones impresionistas y estéticas. A través de algunas obras de arte se percibe esta relación sinestésica. Tal es el caso de la obra de Kandinsky, la cual logró abstraer colores y sonidos en distintas formas⁵² o de las obras de Op Art mediante los *actual facts*.

En la percepción de los espacios existen correlaciones similares entre sentidos, aún cuando las propiedades intermodales pueden tener un valor afectivo, son asociaciones no cognitivas.

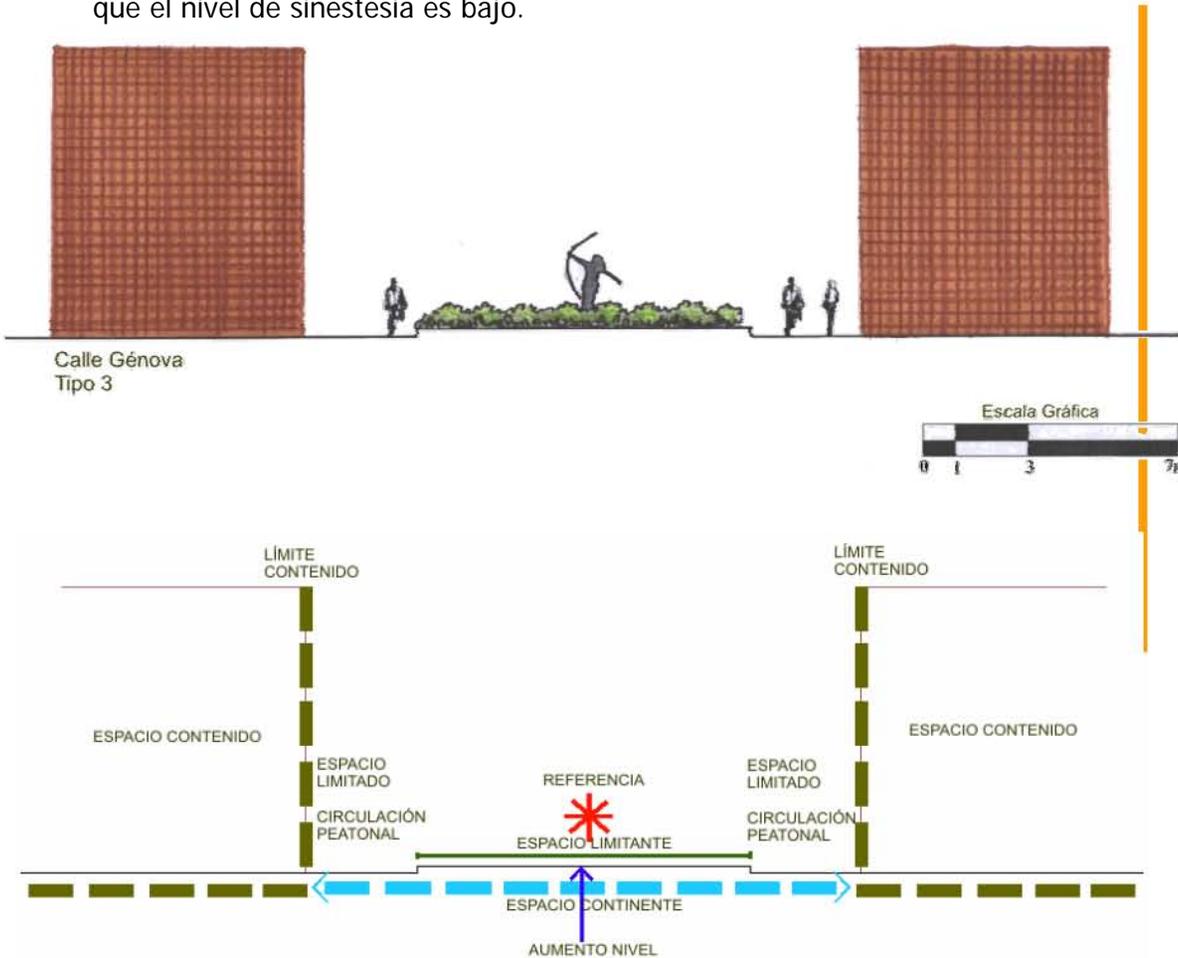
⁵¹ Guillaume Paul. *Psicología de la forma*. Págs: 189-191.

⁵² Harrison John. *Synaesthesia: the strangest thing*. Págs 127-128.

Al hacer un análisis del comportamiento espacial de las calles que integran el recorrido tipo del polígono de estudio, se formaron 14 unidades básicas de organización en las cuales se encuentran diversos elementos que aumentan el nivel de complejidad por la entropía natural del sistema. Este análisis toma el espacio abstracto total como unidad básica, el cual en forma tangible se divide en espacio continente y espacio contenido. Para fines prácticos el espacio contenido es el espacio a cubierto y el espacio continente es el espacio a descubierto. La interacción física entre ambos es el límite contenido, que generalmente es una fachada. Posteriormente hay una subdivisión del espacio continente en espacio limitante (restringe o determina la circulación peatonal), espacio limitado (caracteriza la circulación peatonal y está demarcado por el espacio limitante), espacio contenedor (concentra varias actividades y se delimita con elementos encontrados tanto en el espacio limitante como el limitado) y singularidad espacial (marca un cambio profundo en la continuidad espacial y causa gran tensión).

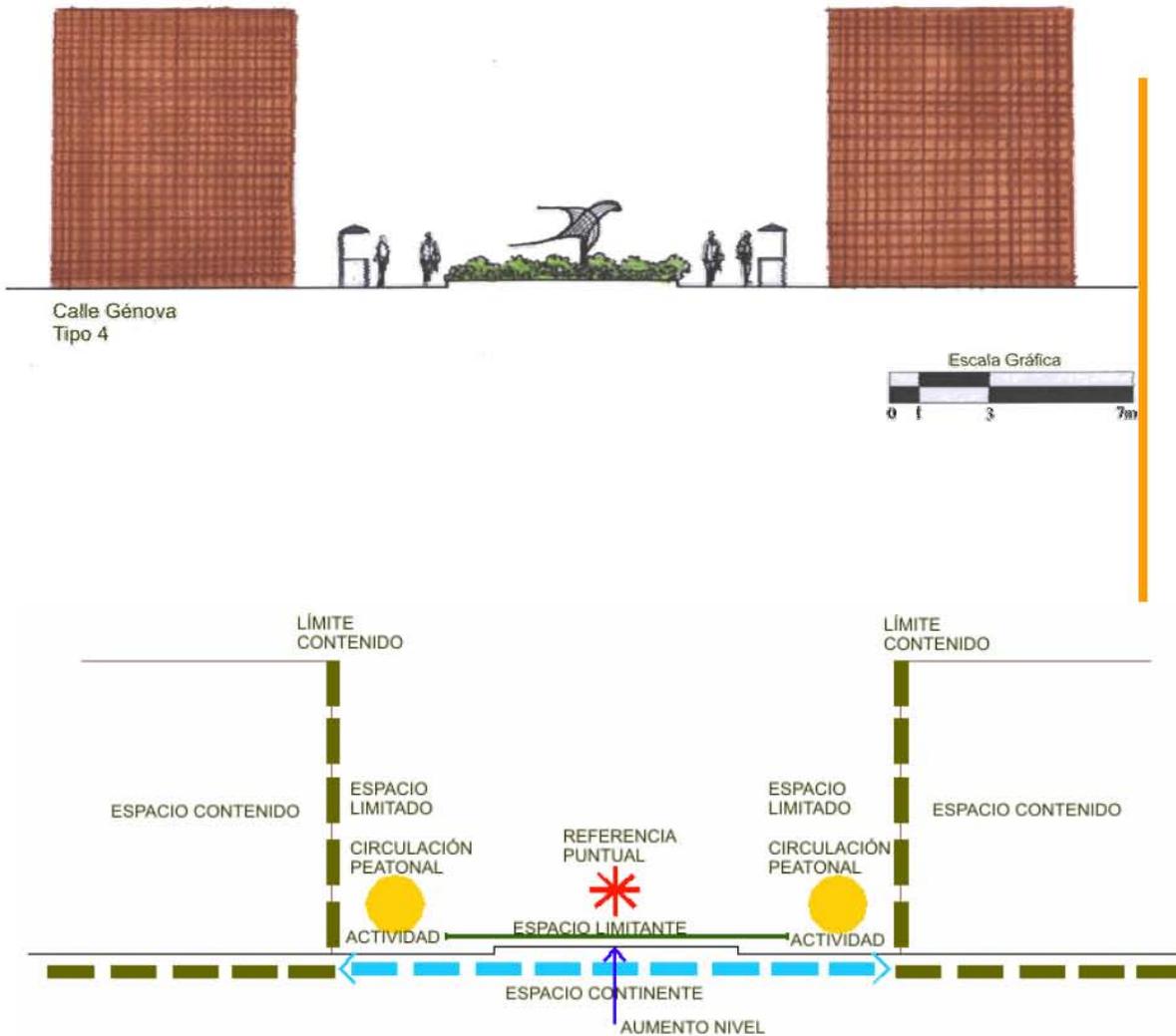
3.6 La Entropía

- Unidad 1: la organización espacial de esta unidad es la más simple de las calles analizadas. La primera división es espacio contenido-espacio continente. El espacio continente es abierto en la delimitación del límite contenido y a su vez se subdivide en espacio limitante y limitado. Esta subdivisión se manifiesta a través de un cambio de nivel y circulación: en el espacio limitado hay circulación peatonal mientras que, en el espacio limitante no hay circulación y existe una referencia puntual perceptible en el espacio de toda la calle. En esta unidad la codificación perceptiva de elementos es relativamente sencilla, la impresión sensible es corta y la percepción objetiva es casi inmediata, por lo que el nivel de sinestesia es bajo.



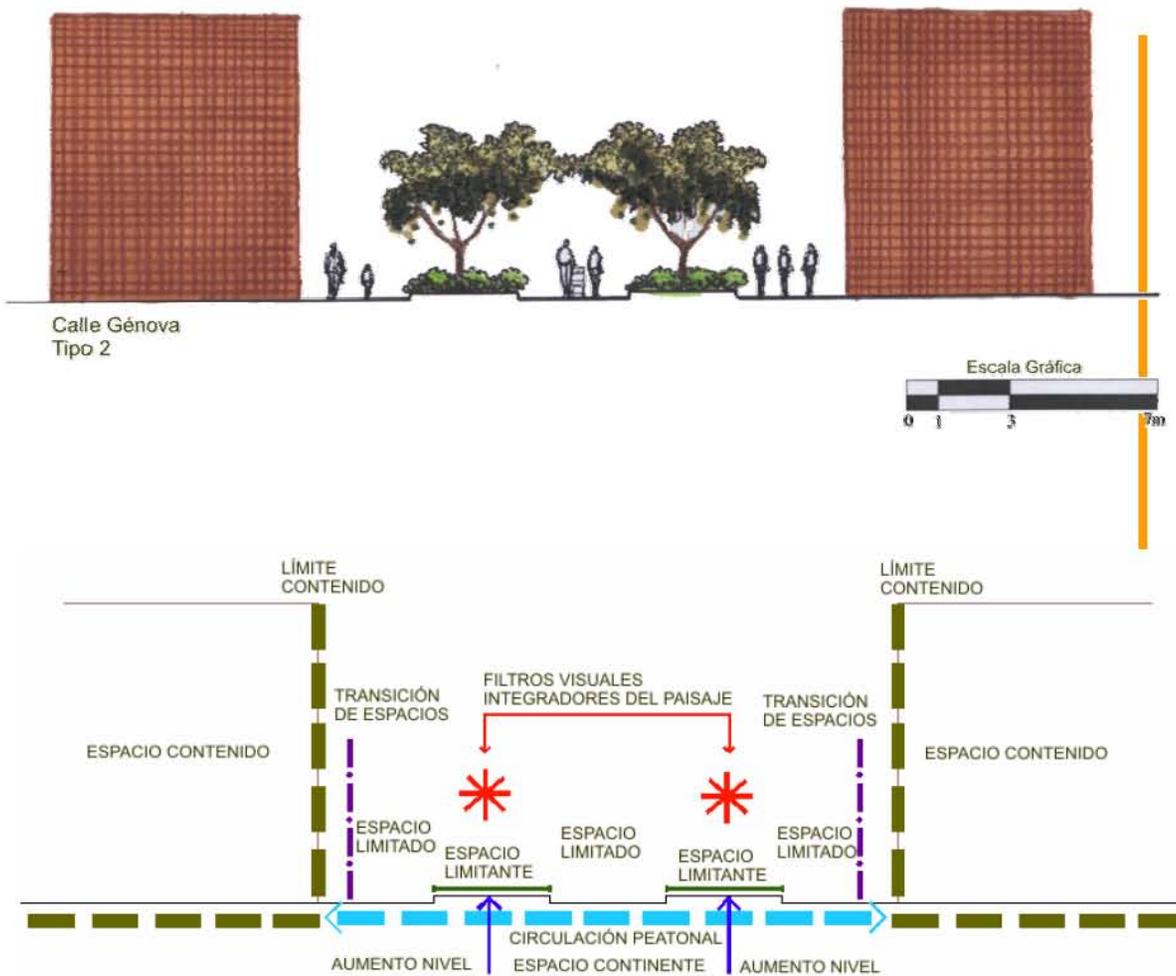
3.6 La Entropía

- Unidad 2: en esta unidad están presentes las divisiones y subdivisiones de la unidad 1, pero el espacio limitado posee además un punto de actividad como elemento adicional representado en los puestos de comercio ambulante. La codificación perceptiva debe asimilar un elemento más y la impresión sensible es más duradera que en la unidad anterior, por lo que el nivel de sinestesia aumenta.



3.6 La Entropía

- Unidad 3: en esta unidad, el espacio limitante tiene un filtro visual que forma una conexión con el filtro visual de otro espacio limitante, mientras que aparece un espacio limitado más en el espacio continente. Además se identifica una transición del límite contenido hacia el espacio limitado a través de una zona de estar de los restaurantes aledaños. Con estos elementos, la codificación perceptiva ya no es inmediata, porque al aumentar la complejidad aumenta el nivel de sinestesia.



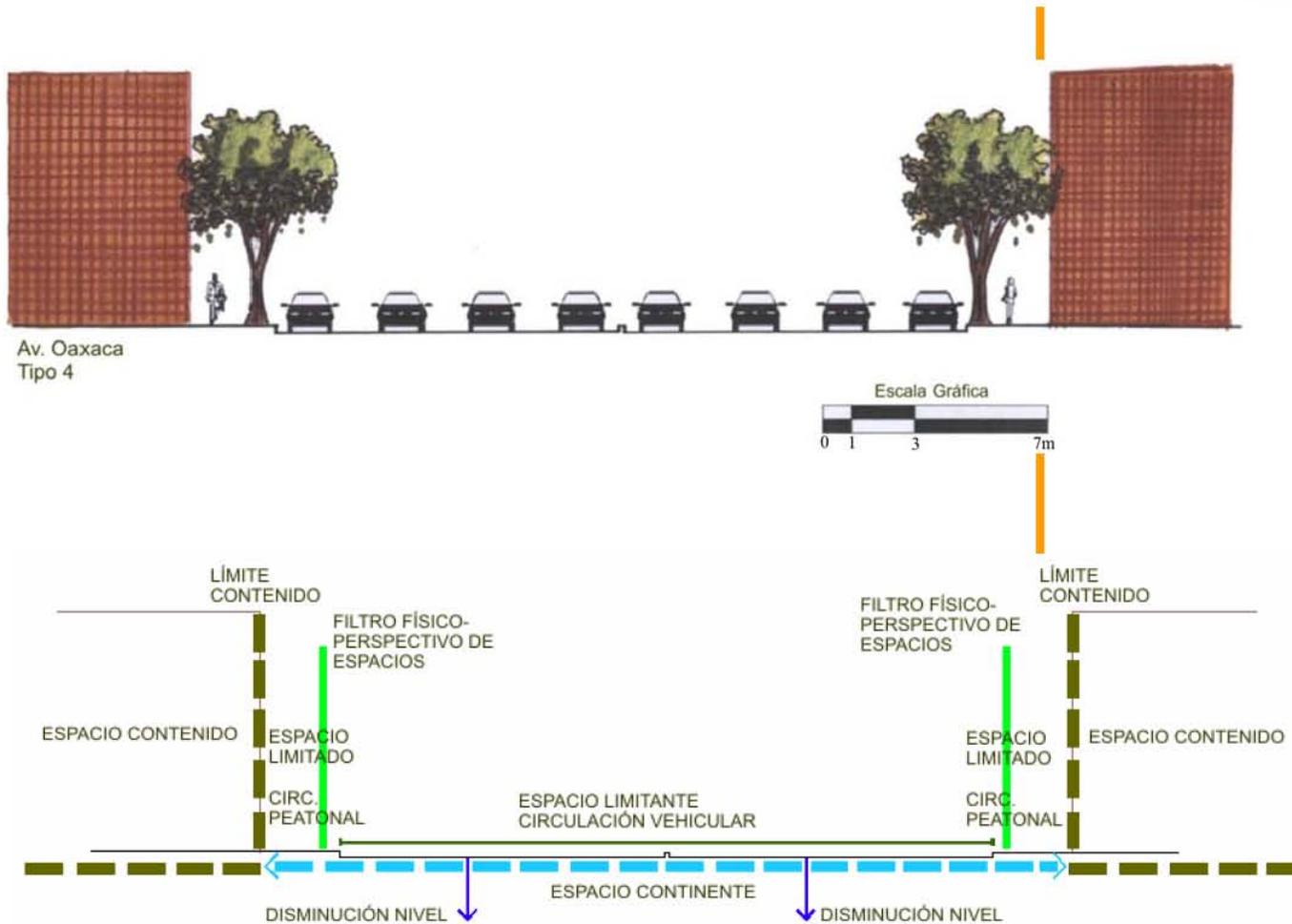
3.6 La Entropía

- Unidad 4: en esta unidad existe una nueva subdivisión del espacio limitante, la cual se manifiesta en la circulación vehicular, hay un cambio de nivel entre espacios limitantes que no aparece en unidades anteriores, además de la presencia de una barrera vegetal integradora. El incremento de elementos, de subdivisiones espaciales y de conexiones internas causa una primera impresión sensible general relativamente duradera en comparación a unidades anteriores y una codificación perspectiva que requiere mayor esfuerzo del usuario.



3.6 La Entropía

- Unidad 5: en esta unidad la proporción del espacio limitante-espacio limitado cambia; hay un incremento en la presencia del espacio limitante con circulación peatonal en comparación con la proporción existente en unidades anteriores. Asimismo la vegetación forma un filtro físico-perspectivo en el espacio limitado. Este cambio deriva en una sensación general más compleja y duradera aún cuando la codificación perspectiva no parece responder a muchos parámetros de ajuste.

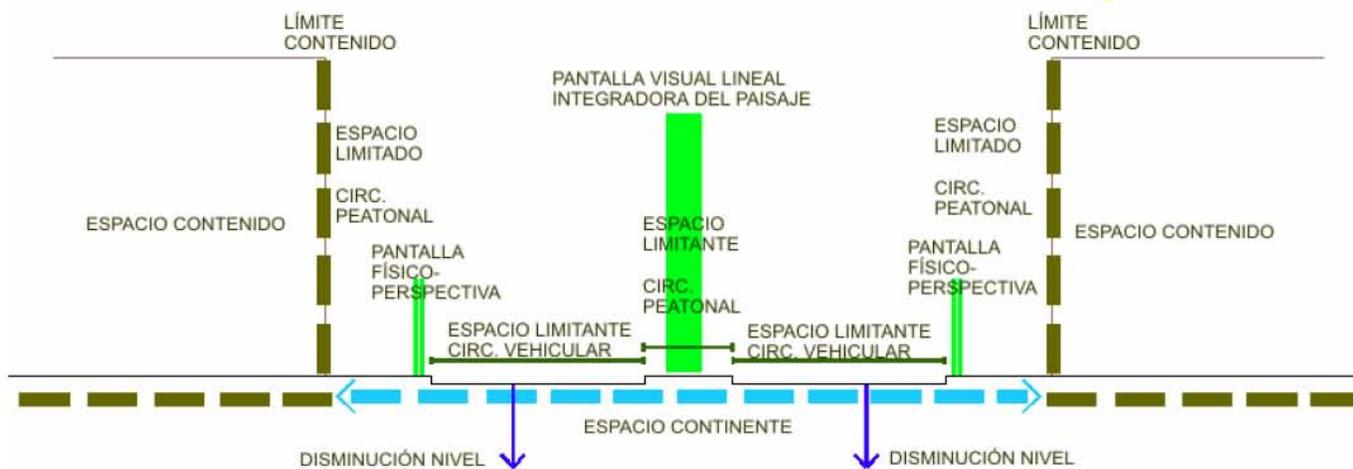


3.6 La Entropía

- Unidad 6: en esta unidad aparece la circulación peatonal y una pantalla visual en el espacio limitante, mientras que en el espacio limitado aparece una pantalla físico-perspectiva. La influencia de estos elementos en la percepción de los espacios provoca una sensación general más duradera, debido a que en una primera impresión no es posible una codificación perspectiva.

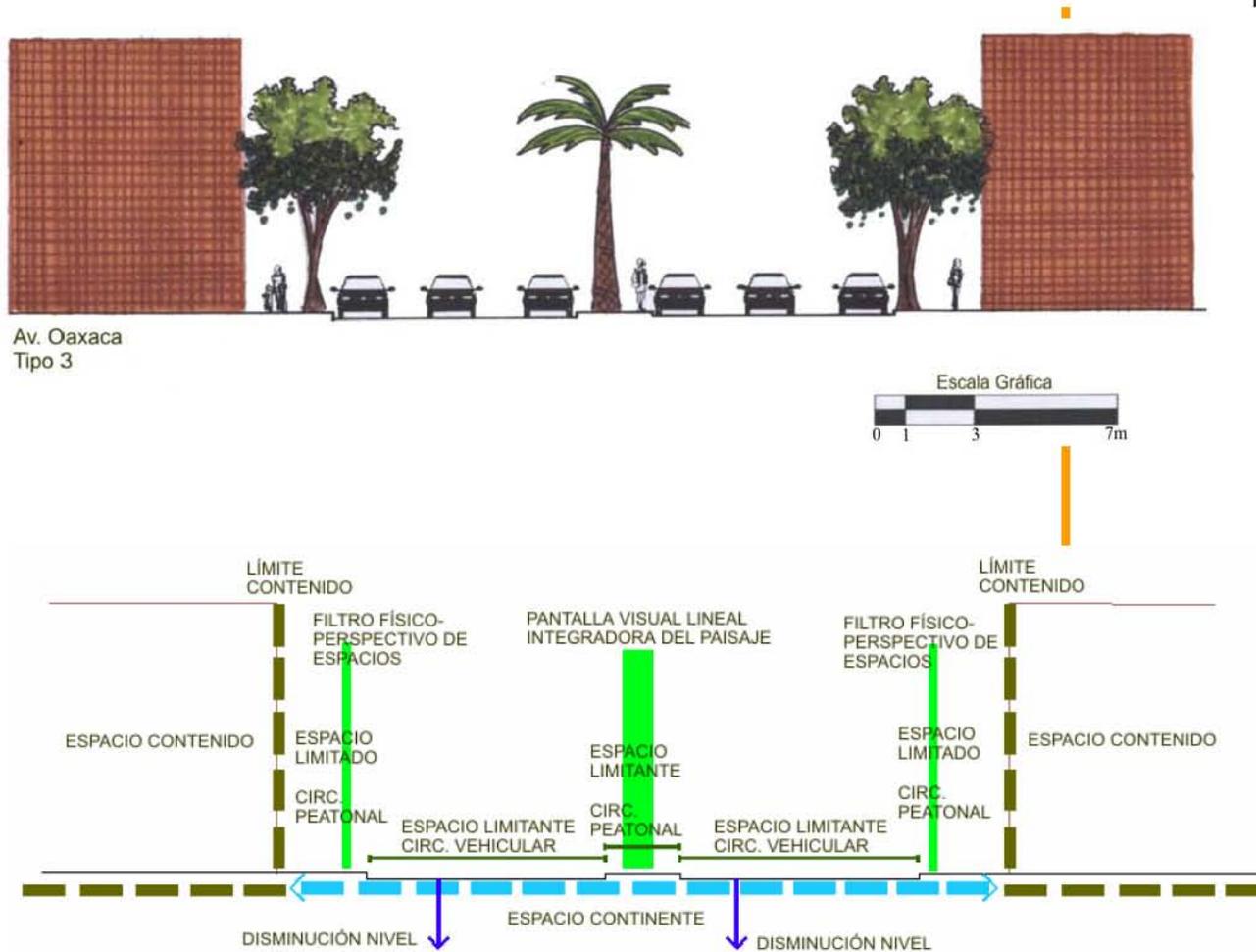


Av. Oaxaca
Tipo 1



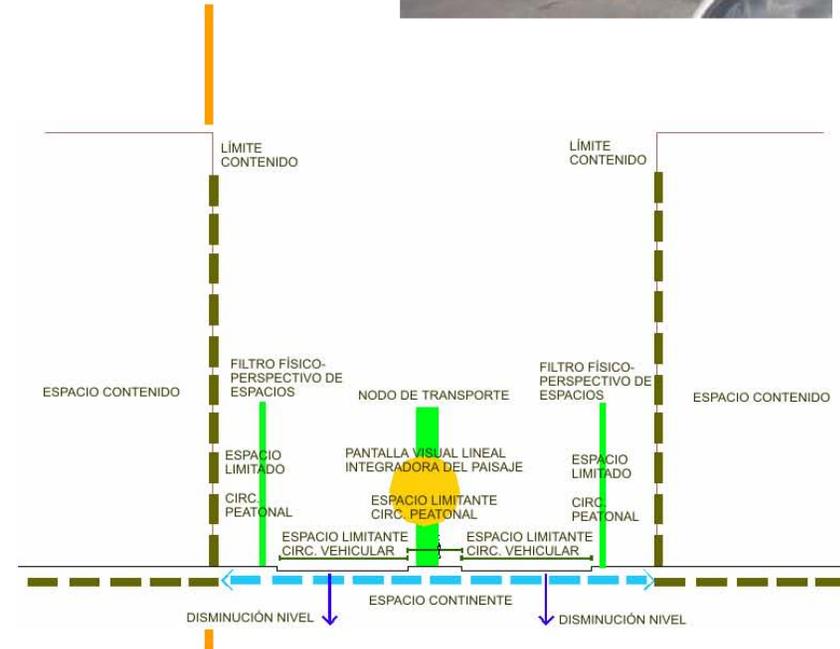
3.6 La Entropía

- Unidad 7: en esta unidad el elemento presente en el espacio limitado es un filtro perspectivo. Debido a la altura y posición de la vegetación que forma el filtro, la apreciación visual de los espacios no es total ni inmediata, sino que se descubre según la posición y de acuerdo a ella se tienen diferentes lecturas. La imposibilidad de una aprehensión de todo el espacio a un mismo tiempo forma una colección de sensaciones generales que serán base a la percepción codificada posterior. Al ser cada vez más difícil la aprehensión total inmediata, aumenta el nivel de sinestesia.



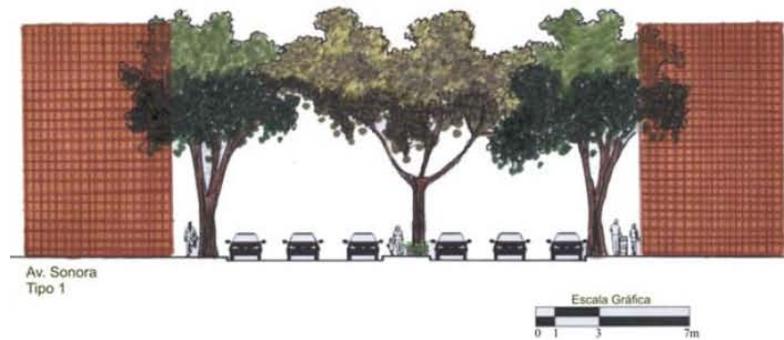
3.6 La Entropía

- Unidad 8: en esta unidad existe un nodo de transporte cerca de una pantalla visual en un espacio limitante. La presencia de este nodo muestra un aumento en la complejidad de las actividades del espacio total, sobre todo al compararlo con las primeras unidades en las cuales ni siquiera hay circulación vehicular. Los filtros y la pantalla visual permiten una identificación gradual de las actividades y los elementos y facilitan la sinestesia del espacio.



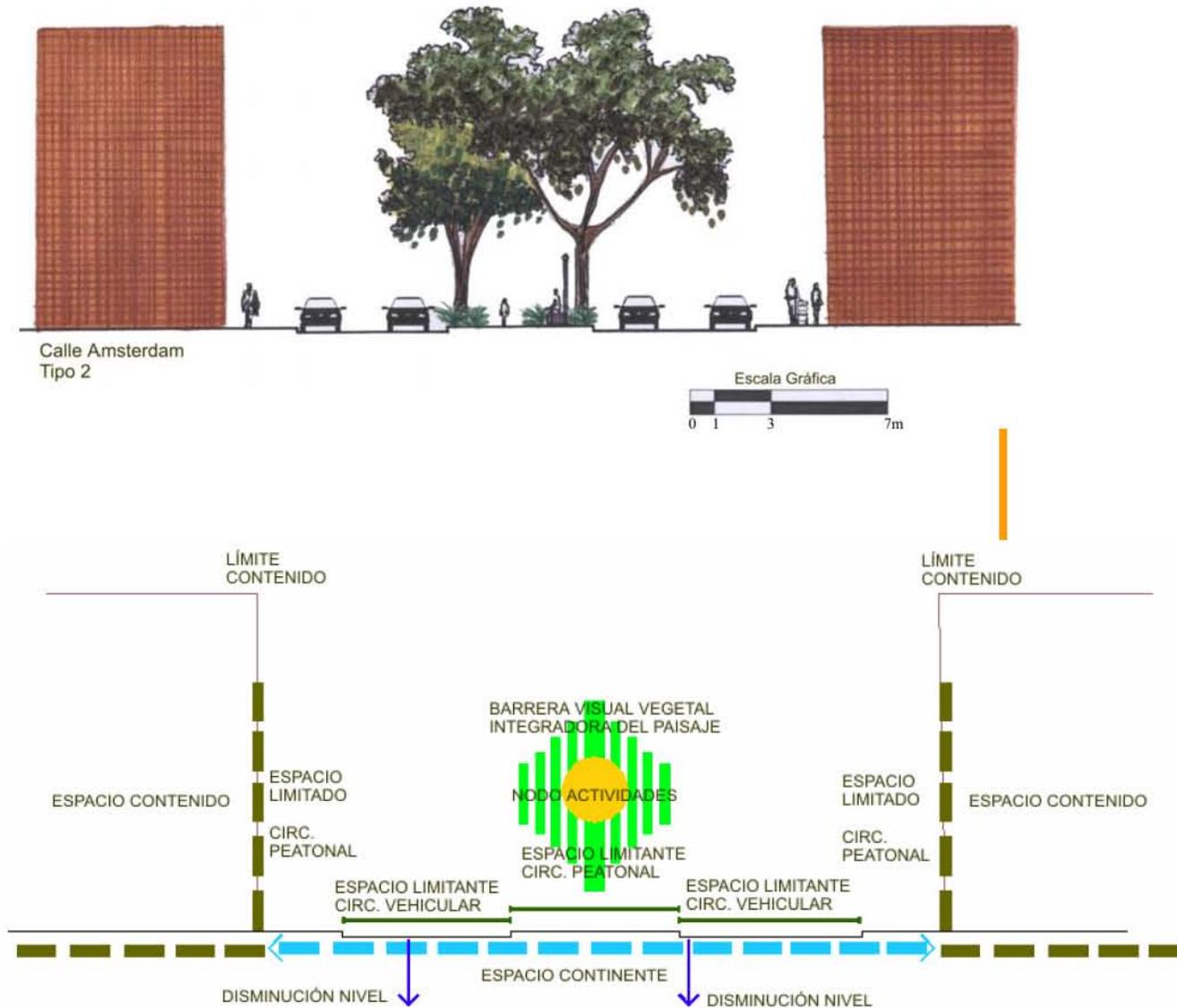
3.6 La Entropía

- Unidad 9: en esta unidad la barrera visual del espacio limitante forma una conexión con los filtros físico-perspectivo del espacio limitado, aún cuando el número de elementos que conforman tanto la barrera como los filtros varía, el efecto es constante. La percepción de este espacio es compleja debido a que en algunos momentos el espacio continente aparece como semicontenido, este efecto causa una sinestesia uniforme del espacio ya que el límite contenido pierde fuerza.



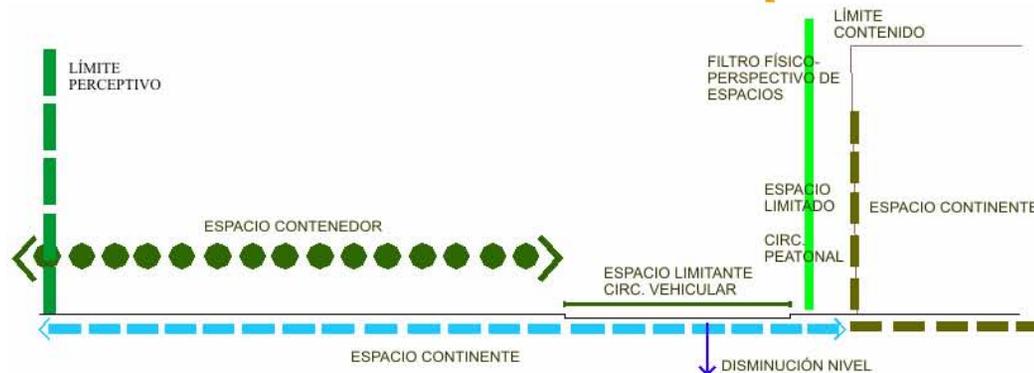
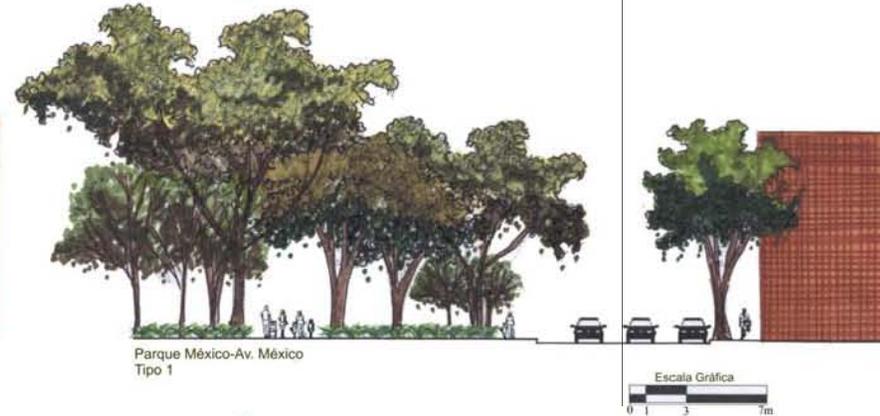
3.6 La Entropía

- Unidad 10: en esta unidad la combinación de una barrera visual y un nodo de actividades en un espacio limitante con circulación peatonal, provoca un cambio en la percepción de la calle en comparación con la unidad anterior.



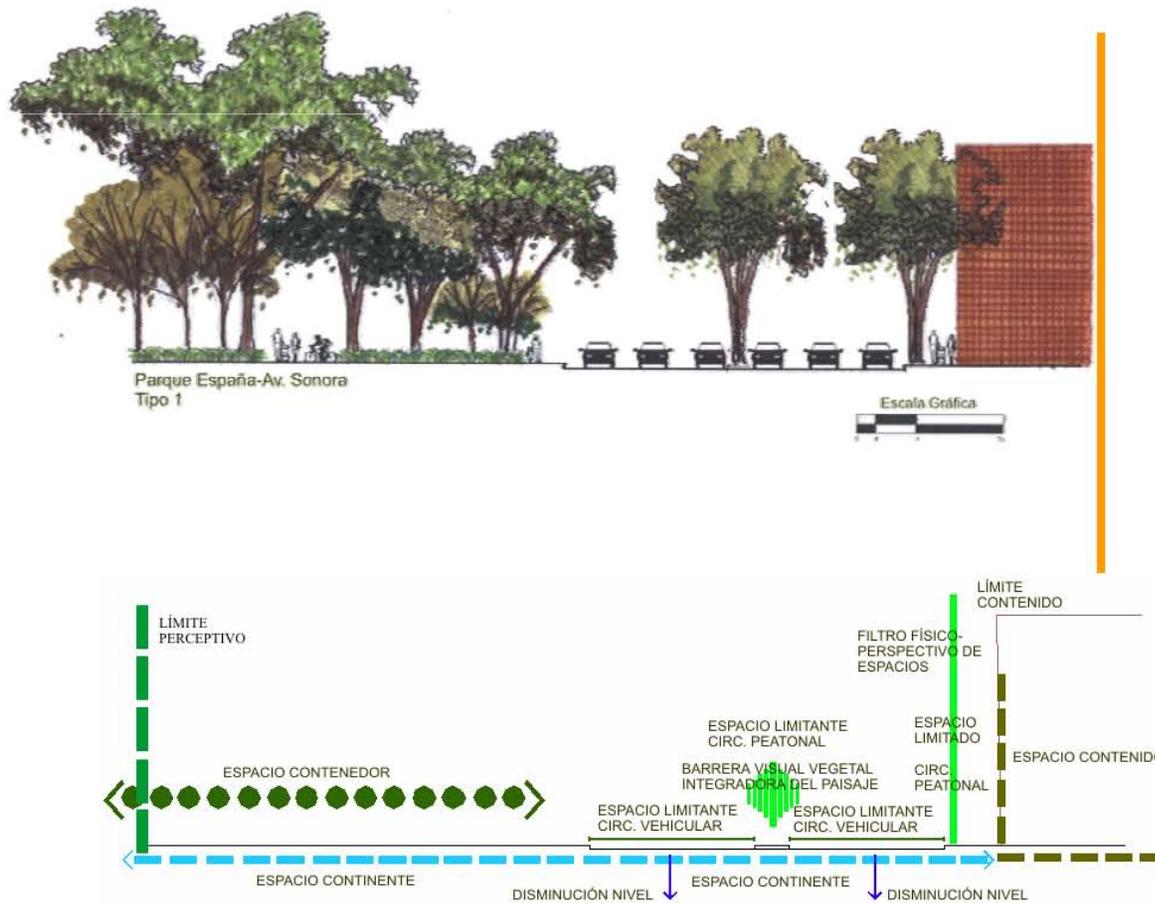
3.6 La Entropía

- Unidad 11: en esta unidad aparece otra división del espacio continente: el espacio contenedor. Este es un espacio abierto urbano con características distintas a los espacios limitante y limitado de la calle, no es un espacio de recorrido sino de permanencia, es no lineal y es un atractor de actividades y usuarios. El parque tiene una presencia en la percepción del usuario que aumenta la sinestesia que éste recibe, al aumentar la complejidad de relaciones espaciales. El espacio contenedor superpone un subsistema de conexión a la estructura de espacios analizada en unidades anteriores, lo que causa un impacto importante sin llegar a una singularidad, ya que los filtros físico-perspectivos, son una transición visual al nuevo espacio.



3.6 La Entropía

- Unidad 12: en esta unidad el espacio contenedor tiene integración visual con la barrera vegetal del espacio limitante de circulación peatonal. La sinestesia que causa el conjunto en el usuario es de mayor duración que en las primeras unidades y el proceso de percepción codificada es más complejo, debido a que necesita ajustarse de los procesos previos por la entropía que el sistema presenta.



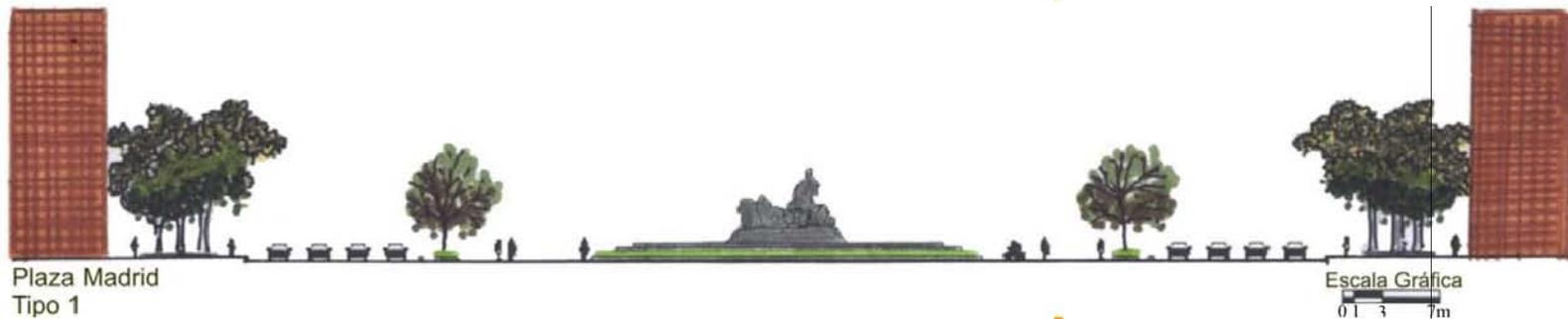
3.6 La Entropía

- Unidad 13: en esta unidad el espacio contenido queda fuera de la impresión inmediata y la delimitación está en función de 2 espacios contenedores separados por un espacio limitante de circulación vehicular y mediados por una transición con un nodo de actividades extensivo de las que se realizan en los espacios contenedores. Esta transición es análoga a la de espacio continente-espacio contenido de la unidad 3. La entropía física y la sinestesia aumentan al encontrar la contraposición de los espacios contenedores, que no aparecen en unidades anteriores.



3.6 La Entropía

- Unidad 14: en esta unidad se encuentra un elemento de gran peso perspectivo por su proyección en el sistema, la Plaza Madrid marca una singularidad espacial en las unidades del recorrido de calles, ya que no es percibida como un espacio aparte a la calle (como es el caso de los espacios contenedores, parques), sino que parece haber una continuidad física con gran tensión espacial. Esta tensión se ve reflejada en la presencia que tiene en el mapa mental del usuario al reconstruir su recorrido. Sin embargo el nivel de sinestesia disminuye por lo preciso y contundente del cambio de espacio. Esta singularidad es un fuerte atractor que disminuye la percepción de los espacios limitados y la transición.



3.6.1. La Entropía

El aumento de la entropía se aprecia en la especialización de los elementos (que van apareciendo en las divisiones espaciales básicas, las cuales se mantienen estables como parte del sistema fractal. Las nuevas divisiones que aparecen a lo largo de la evolución del sistema se integran al mismo de forma eficaz (espacio contenedor) o causan tal tensión que marcan un cambio (singularidad espacial). La organización del sistema se divide:

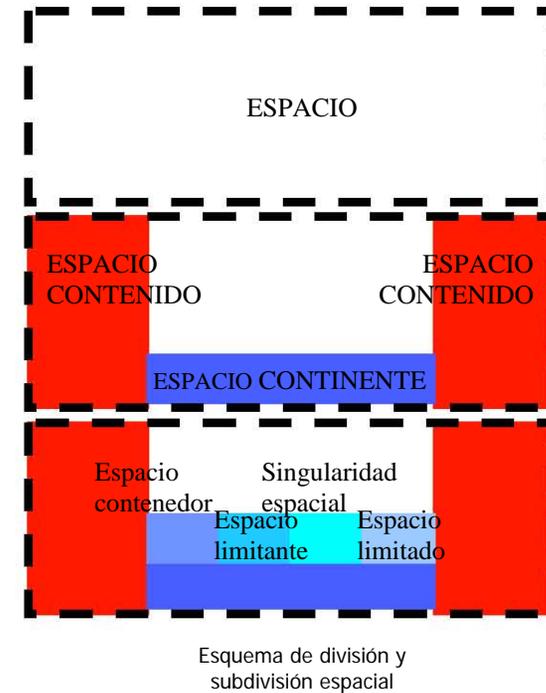
1. Unidad: espacio.
2. División: espacio continente y espacio contenido.
3. Subdivisión del espacio continente: espacio limitante, espacio limitado, contenedor espacial y singularidad espacial.
4. Evolución del espacio limitante: referencia, filtro visual, circulación vehicular, circulación peatonal, pantalla visual, nodo transporte, barrera visual, nodo actividad.
5. Evolución del espacio limitado: circulación peatonal, punto actividad, transición, barrera visual, filtro físico-perspectivo, pantalla físico-perspectiva.

Por otro lado, la sinestesia aumenta conforme se incorporan nuevos elementos o se especializan los ya existentes en las divisiones espaciales dadas, así como también en las nuevas divisiones que surgen y se integran eficazmente. Sin embargo cuando aparece una división que induce un cambio fundamental, el nivel de sinestesia disminuye para dar paso a la percepción codificada.

3.6.2. Signos.

Los espacios son focos de acontecimientos que concentran la dinámica del sistema⁵³. Los signos presentes en los espacios son completos, de acuerdo a la clasificación y tabla morfológica de Frutiger ya analizada.

Los signos completos en los espacios son en muchas ocasiones abstractos y se componen de diversas características tanto de signos abiertos como cerrados, que al interactuar aumentan la complejidad del signo total. La complejidad del signo total es tal que el signo se convierte en realidad en un esquema de construcción.⁵⁴



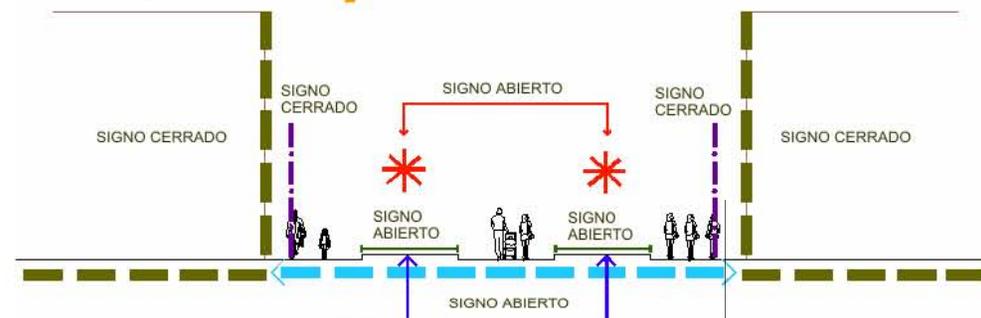
⁵³ Montaner Josep María. *La modernidad superada: arquitectura, arte y pensamiento de siglo XX*. Pág: 45.

⁵⁴ Frutiger Adrian. *Signos, símbolos, marcas, señales*. Pág: 42.

En el polígono de estudio se aprecia como la entropía en los signos forma un esquema definido. En este caso se definen en el espacio como *signos cerrados* aquellos que perceptivamente delimitan una actividad o uso de manera que no presentan ambigüedades en su abstracción ni en su conexión con otros signos y se define a los *signos abiertos* como aquellos en los cuales la delimitación perceptiva de actividades no es completamente clara o presenta ambigüedades en su abstracción porque dependen de otros signos o tienen múltiples significados.

En 6 unidades representativas de las analizadas anteriormente, se aprecia la siguiente interacción:

La unidad 3 muestra una sucesión de signos abiertos en conexión a signos cerrados pertenecientes a otro nivel de organización del sistema. El esquema de esta unidad es: unión de signos cerrados-sucesión compuesta de signos abiertos-unión de signos cerrados.



La unidad 4 también existe una conexión de signos cerrados a través de diversos signos abiertos, sólo que no hay un signo cerrado intermediario o en unión a otros similares y la conexión entre signos abiertos es simple. El esquema es: signo cerrado-sucesión simple de signos abiertos-signo cerrado.

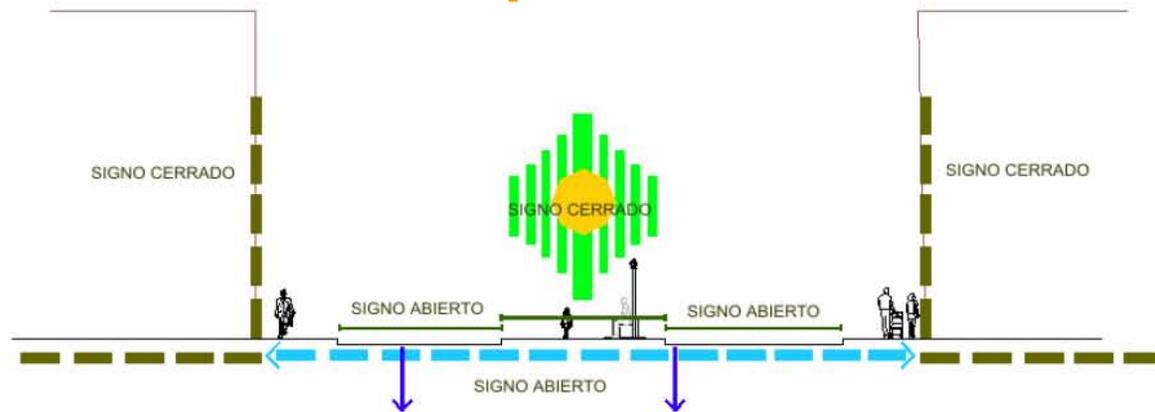


3.6 La Entropía

La unidad 7 presenta un signo cerrado como intermediario entre otros signos de igual categoría fuera del espacio continente, se crea una sucesión en la que los signos abiertos forman las uniones necesarias para establecer otras conexiones. El esquema es: signo cerrado- unión de signos abiertos- signo cerrado intermediario simple- unión de signos abiertos- signo cerrado.



La unidad 10 tiene la variante de que el signo cerrado intermediario presenta una interrelación de actividades más compleja aunque perfectamente delimitada. El esquema es: signo cerrado- signo abierto- signo cerrado intermediario complejo- signo abierto- signo cerrado.



3.6 La Entropía

La unidad 12 muestra 2 signos cerrados en espacio continente conectando a un signo cerrado en espacio contenido. Nuevamente hay un signo cerrado y un signo abierto intermedios. El esquema es: signo cerrado-signo abierto-signo cerrado intermedio simple-uni3n de signos abiertos-signo cerrado.



La unidad 14 tiene un esquema de signos más complejo que los anteriores. Esto se debe a la presencia de un signo completo dentro de otro. La singularidad espacial es un signo completo por sí mismo. El esquema es: uni3n de signos cerrados-signo abierto-signo completo-signo abierto-uni3n de signos cerrados.



Los diferentes esquemas de signos presentes en las unidades presentan una forma de organizaci3n e interacci3n similar al analizado en la superposici3n de niveles en la parte de complejidad. Esta similitud de organizaci3n muestra claramente la interdependencia de entropía y complejidad.

1. uni3n de signos cerrados (A).
2. sucesi3n compuesta de signos abiertos (B).
3. signo cerrado (C).
4. sucesi3n simple de signos abiertos (D).
5. uni3n de signos abiertos (E),
6. signo cerrado intermediario simple (F).
7. signo abierto (G).
8. signo cerrado intermediario complejo (H).
9. signo completo (I).

Unidad de complejidad	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	X	X							
2			X	X					
3			X		X	X			
4			X				X	X	
5			X		X	X	X		
6	X						X		X

3.6.3. Lineal, no lineal y comparación proporcional.

En la primera parte se especificó que los fractales de tipo no lineal incorporan en cada iteración elementos nuevos sin que se altere el sistema completo, mientras que los fractales lineales no incorporan estos elementos porque son constantes. Los fractales no lineales son sumamente sensibles a las condiciones iniciales del sistema.⁵⁵

En el sistema fractal de espacios abiertos urbanos que se ha analizado en el polígono de estudio, hay evidencia de que se trata de un sistema de tipo no lineal, esto debido a que la evolución espacial del mismo no es constante pero presenta un patrón de comportamiento definido.

A partir de las unidades estudiadas en la sección anterior, se hace una clasificación categórica del nivel de complejidad con el fin de simplificar la información. De esta manera se obtienen las siguientes categorías:

Unidad	Nivel de Complejidad
Unidades 1-3	Bajo
Unidades 4-6	Bajo-medio
Unidad 7	Medio
Unidades 8-10	Medio-alto
Unidades 11-13	Alto
Unidad 14	Muy alto
Unidad 15	Máximo

⁵⁵ Sametband Moisés José. *Entre el orden y el caos: la complejidad*. Pág: 160.

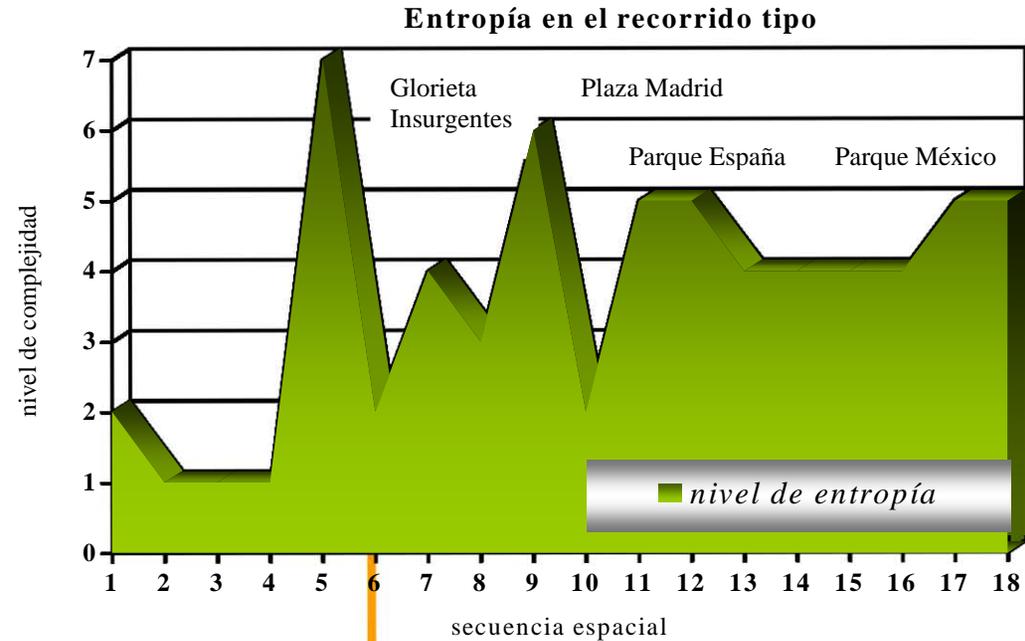
Posteriormente se numeran las unidades de acuerdo a la secuencia espacial en que se presentan en el recorrido tipo:

Secuencia	Unidad-nivel de Complejidad	Calle
1	4-bajo medio	Génova tipo1
2	3-bajo	Génova tipo2
3	1-bajo	Génova tipo3
4	2-bajo	Génova tipo4
5	15-máximo	Glorieta Insurgentes
6	6-bajo medio	Av. Oaxaca tipo1
7	8-medio alto	Av. Oaxaca tipo2
8	7-medio	Av. Oaxaca tipo3
9	14-muy alto	Plaza Madrid
10	5-bajo-medio	Av. Oaxaca tipo4
11	11-alto	Parque España tipo1
12	12-alto	Parque España tipo2
13	9-medio alto	Av. Sonora tipo1
14	9-medio alto	Av. Sonora tipo2
15	9-medio alto	Amsterdam tipo1
16	10-medio alto	Amsterdam tipo2
17	13-alto	Parque México tipo1
18	11-alto	Parque México tipo2

3.6 La Entropía

Ahora se le dan valores al nivel de complejidad donde 1 es el más bajo y 7 el más alto:

Nivel de Complejidad	Valor
Bajo	1
Bajo-medio	2
Medio	3
Medio-alto	4
Alto	5
Muy alto	6
Máximo	7



La gráfica resultante "Entropía en el recorrido tipo" muestra la característica no lineal del sistema, ya que no es constante, además de mostrar un patrón de orden definido. El comportamiento del sistema expresa un incremento leve de complejidad en la calle contacto con vialidad importante, así como también en cambios importantes de actividad. En la secuencia 1 (calle Génova tipo1) el contacto con la Av. Reforma y el cambio de actividad de la calle a transporte en el sitio de taxis de la secuencia 7 (Av. Oaxaca tipo2) justifican este incremento.

En los puntos de singularidad (Glorieta Insurgentes y Plaza Madrid) hay un incremento y posterior declive drástico en el nivel de complejidad, lo que es evidencia del cambio fundamental. Por último se aprecia un incremento moderado y posterior etapa de equilibrio en las secuencias cercanas a los espacios contenedores (Parque España y Parque México).

Es importante destacar que son los parques los que establecen las pautas de equilibrio en el sistema, mientras que la glorieta y la plaza inducen los cambios en el mismo.

La entropía no decrece nunca, si se analiza la secuencia de 1 a 18, el valor de complejidad de los espacios intermedios siempre aumenta y si se analiza la secuencia de 18 a 1, el valor de la complejidad de los espacios principales o sobresalientes siempre aumenta.

La percepción de un sistema no lineal es a través de comparación. Cuando el espacio varía durante el recorrido, el usuario lo nota al encontrar que el nuevo espacio es diferente al anterior, tiene algo más o algo menos.

Al tomar un espacio tipo de cada categoría de niveles de complejidad en base a la secuencia espacial, se encuentra la evolución entrópica del sistema mediante la comparación de los tipos.

Como se expresa en la gráfica, hay un descenso en la complejidad de la calle Génova tipo1 a la calle Génova tipo3. La circulación vehicular desaparece y la circulación peatonal se reduce de 3 a 2 opciones. Posteriormente hay una elevación drástica de complejidad en la Glorieta Insurgentes y debido a que posee el nivel más alto dentro del polígono de estudio, se tratará en especial en la sección de singularidad.

Después hay otro descenso drástico hacia la Av. Oaxaca y en el tipo2, la actividad de transporte (sitio de taxis) muestra una nueva elevación de menor magnitud, para bajar una vez más en el tipo3 de la misma avenida. Aquí no más actividad de transporte público, pero sí un incremento en la afluencia vehicular. Al llegar a la Plaza Madrid se encuentra otra singularidad de menor jerarquía a la Glorieta Insurgentes, lo que muestra un nuevo cambio en el recorrido y la gráfica.

La complejidad disminuye nuevamente en la Av. Oaxaca tipo4, la cual muestra una similitud en comportamiento vehicular con la Plaza Madrid pero de menor impacto. Esta similitud es percibida por el usuario al comparar la vialidad de ambos espacios. Al llegar al Parque España la complejidad crece, pero se forma una zona de equilibrio con las calles cercanas a él, aquí el usuario nota un cambio y de actividades y una nueva concentración de ellas en relación al espacio anterior.

Después hay otro descenso en la continuidad de la Av. Sonora y las calles perpendiculares como Amsterdam, Las actividades y la distribución espacial son una vez más los parámetros de comparación.

Finalmente al llegar al Parque México la complejidad aumenta en el mismo grado del parque anterior y establece otra zona de equilibrio con características similares a la anterior.

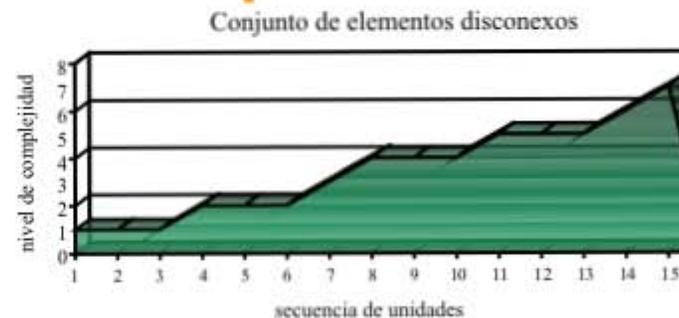
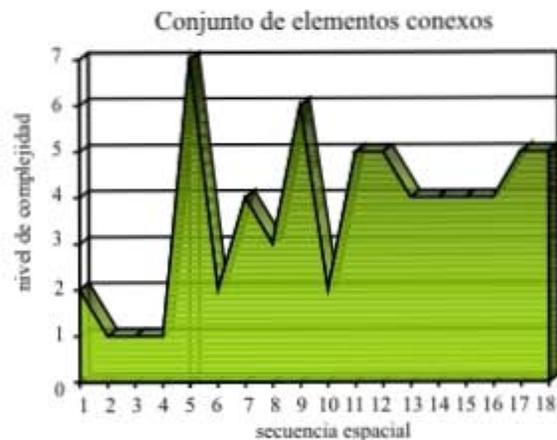
La vegetación es un parámetro integrador y comparativo muy evidente de la complejidad del espacio. La densidad de la misma permite definir la amplitud y calidad del espacio continente a la vez que comunica de manera eficiente los distintos planos perceptivos del mismo. A través de éstos elementos, las actividades y las relaciones de verticalidad-horizontalidad, es posible percibir la entropía del sistema.

3.6.4. Conexo y disconexo, próximo y distante.

En los sistemas fractales no lineales, los elementos pueden formar conjuntos contiguos (cuyos elementos son conexos) o disyuntivos (cuyos elementos son disconexos) entre sí.

El recorrido tipo muestra los elementos conexos en la secuencia espacial analizada en la sección anterior. Sin embargo la secuencia de las unidades de complejidad encontradas no corresponde a la secuencia espacial lineal ya mencionada, es decir, las unidades de complejidad son disconexas en relación a los elementos conexos de la secuencia espacial.

La comparación de las gráficas muestra la misma base de niveles de complejidad en ambos conjuntos y distintas secuencias. Ambas gráficas describen comportamientos del mismo espacio, pero el punto de referencia es distinto.



Si se toma en cuenta la secuencia espacial como conjunto conexo, entonces cualquier espacio abierto urbano posee este conjunto debido a la continuidad, pero cuando se toma como referencia el nivel de complejidad se observa un conjunto disconexo. Al ordenar las unidades de complejidad del recorrido tipo de modo ascendente (1-15) ésta aumenta de manera constante, sin embargo al aplicarlas al conjunto espacial real no hay una conexión física inmediata entre las unidades (a

la unidad 1 no le sigue la 2, la 3, etc). La discontinuidad real de las unidades permite la introducción de nuevos elementos en cada nivel de cambio, por lo tanto el conjunto de unidades de complejidad es disconexo al superponerse al conjunto conexo de secuencia espacial.

Desde el punto de vista perceptivo, los conjuntos conexos poseen elementos que están próximos entre sí. Esta proximidad es percibida como cercanía y los elementos parecen ir juntos, el usuario agrupa los elementos cercanos.⁵⁶

La psicología Gestalt explica que los estímulos distantes son formas físicas cuya organización no se transmite a las formas percibidas como cercanas. Estas últimas tienen una organización propia⁵⁷.

El espacio en el que se sitúan los elementos cercanos tiene una conexión con el usuario a través de diversos estímulos a los sentidos⁵⁸. Por otro lado los elementos lejanos no tienen una conexión lineal con el usuario y existe entre ellos una serie de barreras físicas y perceptivas.

El conjunto de secuencia espacial (secuencia 1) es próximo porque tiene una organización de espacios propia, la cual es coherente con el análisis de entropía, los elementos son cercanos y existe una conexión de estímulos con el usuario.

Durante el recorrido los cambios de complejidad se perciben como espacios próximos, debido al continuo espacial y aún cuando en algunos casos el cambio es drástico ambos espacios son cercanos para quien realiza la transición de una unidad a otra.

⁵⁶ Levine Michael W. *Fundamentals of Sensation and Perception*. Págs: 191-192.

⁵⁷ Guillaume Paul. *Psicología de la forma*. Pág: 50.

⁵⁸ Ibid. Pág: 51.

3.6 La Entropía

La percepción durante el recorrido tiene un proceso similar al de cambios a menores escalas, a partir del primer espacio se establece una referencia y el proceso perceptivo aumenta al comparar cada nuevo espacio con los anteriores, todos considerados cercanos durante el proceso. Dicha comparación es de tipo anterior-siguiente, este espacio es más simple o complejo que en el que se estaba hace un momento.

Por lo tanto en esta secuencia la percepción está en activo y comienza a gestarse un proceso de esquematización incipiente.



3.6 La Entropía

En el conjunto de secuencia de unidades (secuencia 2), los elementos son lejanos por no tener conexión física lineal y existir diversas barreras entre ellos. Esta secuencia es el resultado de un proceso esquemático posterior al perceptivo, similar al que ocurre en cambios a mayores escalas. Al establecer un orden de complejidad ascendente, se acepta que la mayoría de las unidades del recorrido no tienen conexión física inmediata, es decir, son lejanas unas de otras por una barrera física (otras unidades). Esta lejanía es verificada al suponer que se puede pasar de una unidad a otra de manera física, el resultado es un recorrido real discontinuo, sin embargo mentalmente y a través de las imágenes el recorrido es perfectamente coherente. Por lo tanto en esta secuencia el proceso perceptivo previo de elementos próximos establece la base para la esquematización del proceso de elementos distantes.



Secuencia 2: por unidades de complejidad ascendente

3.7 La Singularidad.

3.7.1. Tensión absoluta y arquetipo.

La singularidad se refiere a un cambio fundamental, donde las características cualitativas y cuantitativas de los espacios son modificadas. El espacio se resuelve a sí mismo, no son necesarios códigos estéticos para definir la singularidad⁵⁹. Esta definición está en función de la complejidad, como se analizó en secciones anteriores. Los puntos de cambio en la composición y organización del sistema, son también los más complejos.

En el polígono de estudio, la tensión absoluta y por tanto la máxima singularidad la constituye la Glorieta Insurgentes. De acuerdo con su influencia dentro del sistema es un espacio que conecta varios niveles de organización y define un cambio de un nivel a otro. La conexión del nivel vialidad (peatonal y vehicular) con el nivel actividades y el nivel espacio abierto-espacio construido es clara en el espacio de la glorieta, a la vez que este punto es un cambio importante entre la vialidad peatonal, la vehicular, el transporte a nivel y subterráneo. En el recorrido tipo el cambio en el manejo espacial y el desarrollo de las actividades que la glorieta constituye, es drástico en comparación con los espacios contiguos a ella. Tal es el caso de la calle Génova y la Av. Oaxaca, en las cuales la influencia de esta singularidad provoca cambios en los niveles de complejidad de las calles al establecerse ella misma como una unidad de mucho mayor complejidad a las que la rodean.



Calle Génova

Glorieta Insurgentes

Av. Oaxaca

⁵⁹ Baudrillard Jean, Nouvel Jean. *Los objetos singulares: Arquitectura y Filosofía*. Págs: 102-104.

Según se analizó en la sección de entropía, la variación en la complejidad de la calle Génova puede considerarse baja. Por otro lado la variación en la complejidad de la Av. Oaxaca tiene fluctuaciones que pueden considerarse medias. Sin embargo en ninguno de los 2 casos se marca una transformación de complejidad como el que la glorieta representa (ver gráfica "Entropía en el recorrido tipo" y secuencias 1 y 2).

Además la Glorieta Insurgentes representa la unidad de complejidad más alta del sistema, ya que marca la máxima presencia y conexión de elementos en tensión con el resto del polígono de estudio.

Por otro lado, la percepción de esta singularidad también marca un punto importante en la mente del usuario. Al realizar un mapa mental del recorrido tipo, la glorieta es el punto principal de partida. Es posible que en comparación a la puntualidad, fuerza y tensión física que la glorieta marca en el espacio, la repercusión mental sea la manifestación de un arquetipo.

Los arquetipos, acuerdo con Jung, son los residuos estratificados arcaicos de las vivencias de nuestros antepasados configurando patrones de comportamiento típicos. Es un prototipo virtual o una imagen primordial a priori⁶⁰. Son también los factores o motivos que ordenan elementos psíquicos en forma de determinadas imágenes⁶¹ o una estructura cerrada dotada de sentido⁶². No están contaminados por asociaciones ni proyecciones personales⁶³.

Todo arquetipo es capaz de desarrollo y diferenciación infinitos en función a vivencias básicas típicas⁶⁴ y son ineludibles por estar en el inconsciente⁶⁵. La suma de todos los arquetipos conforma el inconsciente colectivo⁶⁶.

Los arquetipos se presentan en 2 modalidades: contenido (sentido) y forma (estructura, imagen)⁶⁷, las imágenes arquetípicas son estructuras variadas a partir

⁶⁰ Ortíz-Osés Andrés. *C.G. Jung: Arquetipos y sentido*. Pág: 48.

⁶¹ Jacobi Jolande. *Complejo, arquetipo y símbolo*. Pág: 37.

⁶² Ibid. Pág: 56.

⁶³ Stein Murray. *Jung's map of the soul*. Pág: 90.

⁶⁴ Jacobi Jolande. *Complejo, arquetipo y símbolo*. Pág: 57.

⁶⁵ Ortíz-Osés Andrés. *C.G. Jung: Arquetipos y sentido*. Pág: 52.

⁶⁶ Ibid. Pág: 47.

3.7 La Singularidad

de la forma básica irrepresentable. Estos factores muestran características universales (arquetipos típicos): multiplicidad caótica, orden, dualidad, oposición (luz-oscuridad, arriba-abajo, derecho-izquierdo), unión de opuestos en un tercero y rotación⁶⁸. Los patrones arquetípicos vienen de una sola fuente llamada *selbst* (sí mismo) por Jung⁶⁹. Son la estructura y posibilidad potencial de la mente colectiva general.

Estas ideas primigenias universales en la mente de toda persona incluyen la concepción del espacio, aunque los factores ambientales pueden especializar el arquetipo original.

Debido a que los arquetipos son irrepresentables y se encuentran en el ser, no pueden encontrarse en los espacios; son abstracción del espacio, no el espacio mismo. Por lo tanto en una singularidad espacial, el usuario percibe un elemento que activa el arquetipo en el inconsciente (al ser la singularidad un arquetipo), lo vuelve consciente y localizable mentalmente en el espacio. En este punto el arquetipo se convierte en símbolo.

⁶⁷ Ibid. Pág: 50.

⁶⁸ Stein Murray. *Jung's map of the soul*. Pág: 93.

⁶⁹ Ibid. Pág: 102.

3.7.2. Signos y símbolos.

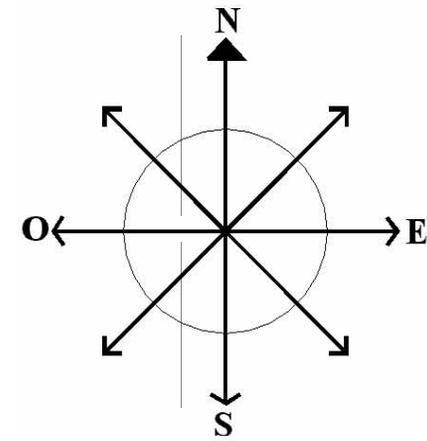
Un signo es abstracción de lo concreto, mientras que un símbolo es la concretización de lo abstracto. Se mencionó al arquetipo como un abstracto en el inconsciente, el cual a través de un símbolo se vuelve consciente.

El signo representa el ser y el símbolo el sentido⁷⁰. El signo de la singularidad es, como el punto, la unidad gráfica más concisa de toda expresión plástica⁷¹, es un fenómeno de significación concreta.

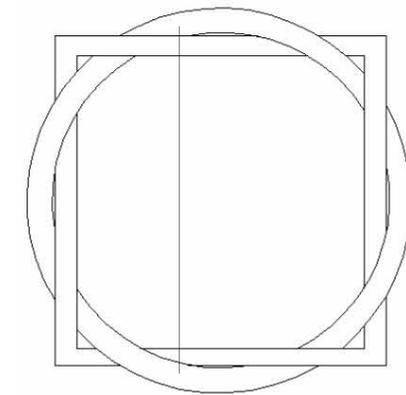
El símbolo es el resultado de cuando un arquetipo es percibido por la conciencia⁷², es la representación de un valor no expreso⁷³. Los procesos naturales como la vida y la muerte, crearon en el ser humano desde el principio una impresión mental que perduraría a lo largo de su evolución. La simbolización de estos conceptos y muchos otros aún continúan presentes en la mente de las personas.

En el espacio el hombre debió encontrar su ubicación, al principio en el centro del universo, ahora sólo como un elemento más en un espacio que se supone finito pero ilimitado. También se ubicó en el espacio inmediato observando el movimiento del sol y surgió el concepto de los puntos cardinales, los cuales hasta la fecha se utilizan en arquitectura y otras disciplinas afines al espacio para ubicar elementos y proyectos enteros.

Es precisamente en el espacio donde lo abstracto se vuelve concreto, donde lo simbólico surge. De acuerdo con el concepto de singularidad que induce a un cambio y concentra el todo de un sistema y su antítesis, la carga simbólica debe ser máxima.



Símbolo de los 4 puntos cardinales



Símbolo materia-espíritu

⁷⁰ Jacobi Jolande. *Complejo, arquetipo y símbolo*. Pág: 78.

⁷¹ Frutiger Adrian. *Signos, símbolos, marcas, señales*. Pág: 17.

⁷² Jacobi Jolande. *Complejo, arquetipo y símbolo*. Pág: 73.

⁷³ Frutiger Adrian. *Signos, símbolos, marcas, señales*. Pág: 177.

3.7 La Singularidad

El usuario de un espacio identifica ciertos símbolos cuando toma conciencia de los arquetipos irrepresentables presentes en sí mismo. El símbolo en el espacio activa la idea ya existente en el sujeto.

La mente posee la continua actividad formadora y transformadora de símbolos⁷⁴. "el número de los arquetipos operantes en el hombre coincide con el de puntos nodales del inconsciente colectivo, por lo que es ilimitada, sin embargo el número de símbolos que se basan en ellos surgidos por la agregación de cada caso de conciencia individual. La importancia de un símbolo es específica en cada individuo en la que la experiencia personal es captada"⁷⁵.

A partir de lo anterior, el símbolo es la concientización y especificación de la estructura simbólica general (arquetipo). Aún así hay símbolos universales, otros específicos de una cultura y otros específicos de cada persona.

En el caso concreto de la Glorieta Insurgentes, se identifican ciertos símbolos universales como el espacio mismo y su ubicación, la cual puede estar en función del sistema del polígono analizado o de otro sistema mayor como la ciudad completa. El movimiento y el transporte son también conceptos simbolizados en este espacio que pueden apreciarse por todos los usuarios sin importar edad, sexo, cultura o nacionalidad.

En un nivel simbólico más específico, la lectura del espacio puede tener diversas connotaciones culturales. La estructura es una plaza en la que existe una dualidad entre las actividades que se desarrollan en el exterior y la delimitación de éste exterior por las actividades que se desarrollan en el interior de los comercios aledaños. En esta plaza desembocan diversas calles, lo que hace de este espacio una glorieta. Es importante mencionar que sin ser en estricto una plaza tiene la imagen simbólica de ella.

Aún más específico es el concepto de la glorieta. Aquí Mario Pani hace expresamente de la obra el símbolo de un arquetipo. Este símbolo puede ser o no percibido por el usuario dependiendo de la fuerza de expresión de la obra y de la sensibilidad del usuario. Además debe tomarse en cuenta que a pesar de que el



Entrada de la calle Génova a la Glorieta Insurgentes



Glorieta Insurgentes



Glorieta Insurgentes

⁷⁴ Jacobi Jolande. *Complejo, arquetipo y símbolo*. Pág: 107.

⁷⁵ Ibid. Págs: 107-108.

3.7 La Singularidad

concepto universal de espacio es prácticamente el mismo para un beduino en el desierto del Sahara que para un vecino de la colonia Roma, los símbolos puntuales que la Glorieta Insurgentes represente para ambas personas serán diferentes por la cultura en que han crecido.

Los símbolos están presentes en todo el recorrido, pero es en las singularidades donde es más evidente, porque al percibir un cambio el análisis del espacio es más cuidadoso y un espacio singular es símbolo del concepto cambio por sí mismo, es decir, en una singularidad espacial además de todos los símbolos que se detecten siempre está el cambio *per se*, el cual puede ser de imagen, de uso, de forma, etc.

Símbolo muy específico de transporte es la estación del metro Insurgentes, la cual reafirma el carácter de la zona y remite al pasado histórico mediante su forma escultórica y los motivos prehispánicos de su fachada.

De lo anterior se establece que en cualquier espacio es posible percibir distintos símbolos y que en singularidades éstos símbolos juegan un papel importante en la percepción de dicha característica. El espacio y el cambio son arquetipos siempre presentes en una singularidad que originan símbolos genéricos muy poco diferenciados. A partir de ello, los símbolos son cada vez más diferenciados y especializados de acuerdo a la magnitud de la singularidad, el tipo de espacio, el concepto que originó ese proyecto, las actividades, la cultura del sitio, etc.

Otros arquetipos frecuentes son orden (simbolizado en la glorieta como la disposición de los elementos en torno al núcleo que constituye la estación del metro), dualidad (simbolizado en la diferencia de niveles para movimiento peatonal y vehicular) y oposición (simbolizado en las actividades estar-transporte, espacio abierto-cerrado).

Además todas las variables espaciales son confrontadas con todas las variables de cada usuario, por lo que las posibilidades del surgimiento de nuevos símbolos y diferenciación cada vez más especializada de símbolos genéricos son prácticamente infinitas.



Glorieta Insurgentes



Glorieta Insurgentes



Entrada al metro Insurgentes

3.7.3. Nodos, jerarquías y similitud estructural.

Además de la singularidad máxima que representa la Glorieta Insurgentes en el polígono de estudio, existen otras singularidades de menor jerarquía que permiten la conexión entre niveles y marcan pequeños cambios a lo largo del recorrido. Estas pequeñas singularidades se materializan a través de las esquinas.

Las esquinas⁷⁶ son espacios de concentración de elementos y actividades, muestran la condición de superposición. Son un foco de intensidad que puede ser una afirmación o una ausencia.

La singularidad en las esquinas posee la cualidad de ser un nodo y estar jerarquizado. Tomando la definición de Lynch "el nodo es un foco estratégico en el que el observador puede entrar, el cual es normalmente una confluencia de sendas o concentración de determinada característica"⁷⁷. Los define conceptualmente como puntos pequeños en la imagen de la ciudad, es decir, pequeñas singularidades. Lynch afirma que la imagen no puede contener demasiados nodos ni de la misma importancia⁷⁸, por lo que es necesario establecer una clasificación y jerarquización entre ellos. En cuanto a clasificación⁷⁹ pueden ser:

- Nodos introvertidos que dan poco sentido de dirección y tienen referencia sólo en función de sí mismos.
- Nodos extrovertidos que muestran de manera nítida las conexiones que poseen con otros espacios. Son concentraciones de elementos y actividades y/o confluencias de transporte y actividades.

Las esquinas más representativas del recorrido tipo fueron estructuradas a partir de los conceptos de: actividades (comercios, venta de artículos y alimentos, establecidos y ambulantes), vegetación (arbórea), jardineras (vegetación arbustiva), mobiliario urbano, espacios sin uso y fachadas (espacio construido). Se obtuvieron 18 estructuras distintas clasificadas según los tipos de nodos de Lynch:

⁷⁶ Solá-Morales Manuel. *Ciudades, esquinas*. En la revista Bitácora-Arquitectura. Págs: 28-37.

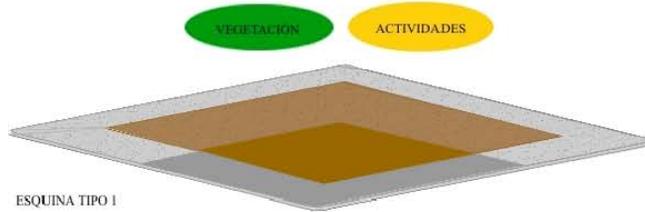
⁷⁷ Lynch Kevin. *La imagen de la ciudad*. Págs: 91-92.

⁷⁸ Ibid. Pág: 95.

⁷⁹ Ibid. Págs: 96-98.

3.7 La Singularidad

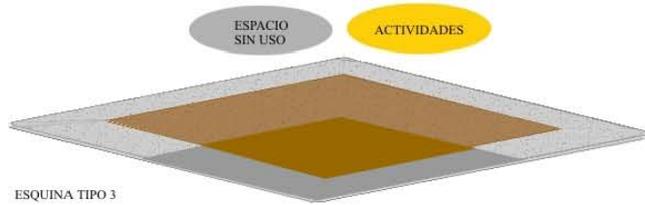
- Nodos introvertidos: las actividades logran una conexión local con los demás elementos o no hay actividad específica.



ESQUINA TIPO 1



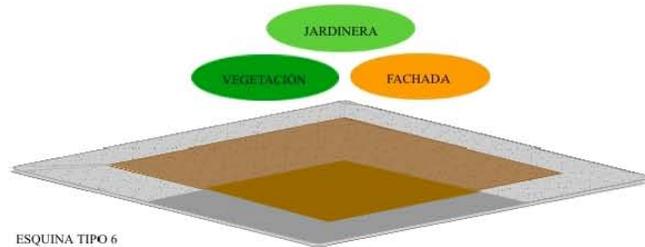
Esquina calle Génova y Paseo de la Reforma



ESQUINA TIPO 3



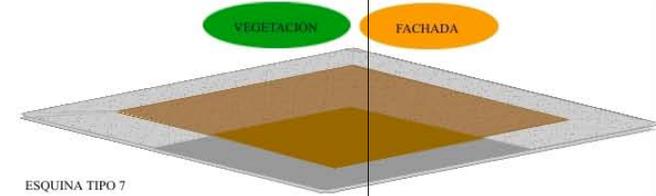
Esquina calle Génova y calle Liverpool



ESQUINA TIPO 6



Esquina Av. Oaxaca y calle Monterrey

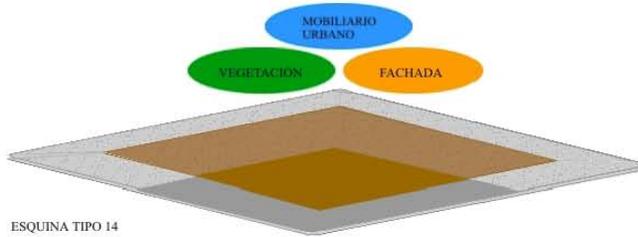


ESQUINA TIPO 7



Esquina Av. Oaxaca y calle Sinaloa

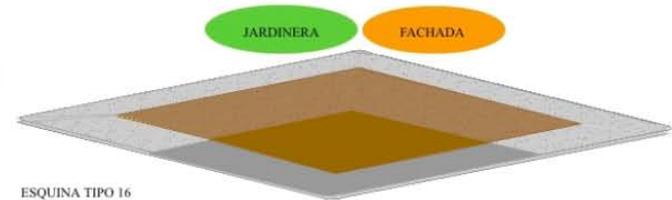
3.7 La Singularidad



ESQUINA TIPO 14



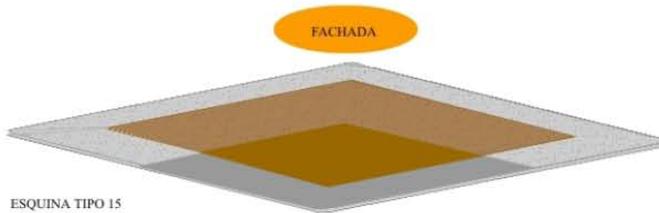
Esquina Av. México y calle Teotihuacán



ESQUINA TIPO 16



Esquina Av. México y calle Sonora

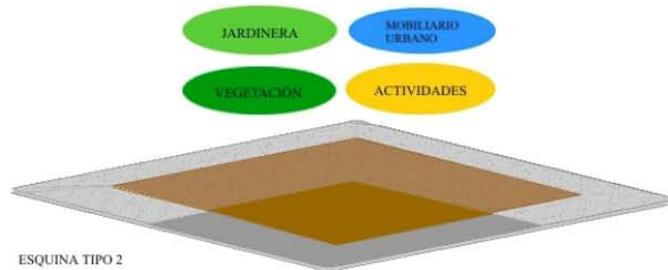


ESQUINA TIPO 15



Esquina Av. Sonora y calle Popocatepetl

- Nodos extrovertidos de concentración: la conexión entre actividades y elementos es una síntesis de lo que sucede en las calles que forman la esquina.

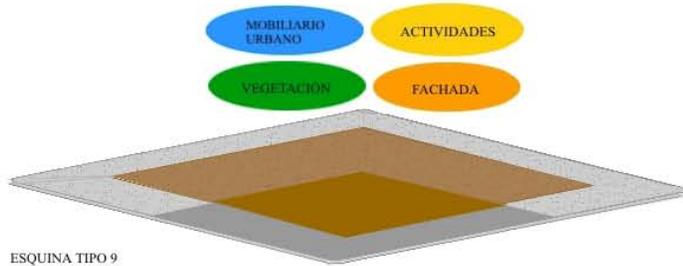


ESQUINA TIPO 2



Esquina calle Génova y calle Hamburgo

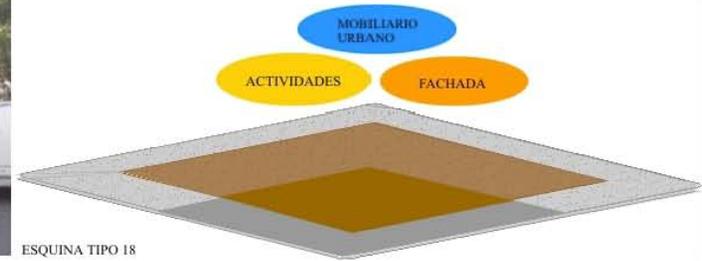
3.7 La Singularidad



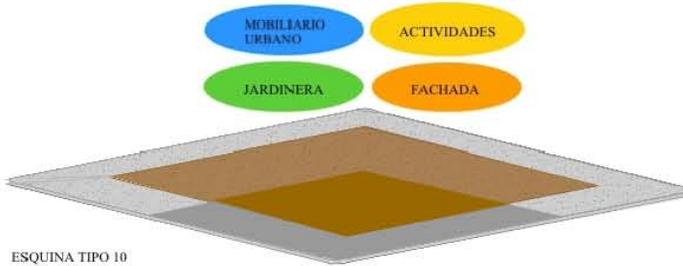
ESQUINA TIPO 9



Esquina Av. Michoacán y calle Amsterdam



ESQUINA TIPO 18



ESQUINA TIPO 10

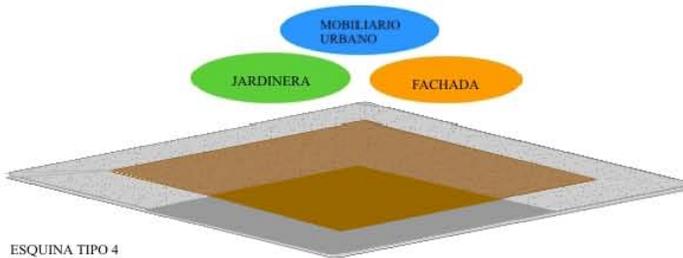


Esquina Av. Oaxaca y calle Salamanca



Esquina Av. Michoacán y Av. México

- Nodos extrovertidos de confluencia: son evidencia de la coincidencia de caminos, recorridos, transporte y movilidad.

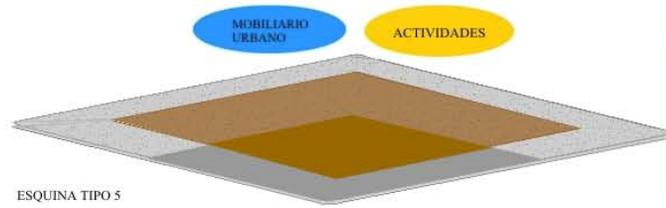


ESQUINA TIPO 4



Esquina calle Génova y calle Liverpool

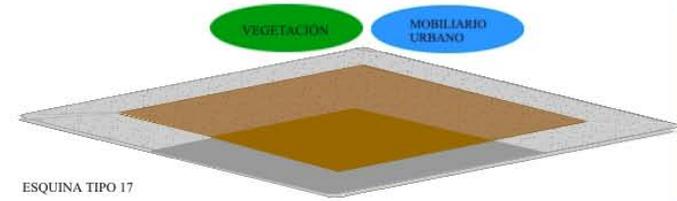
3.7 La Singularidad



ESQUINA TIPO 5



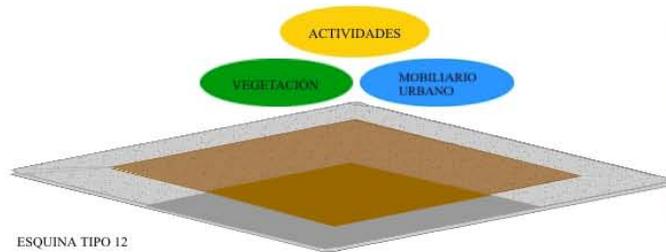
Esquina Av. Oaxaca y calle Puebla



ESQUINA TIPO 17



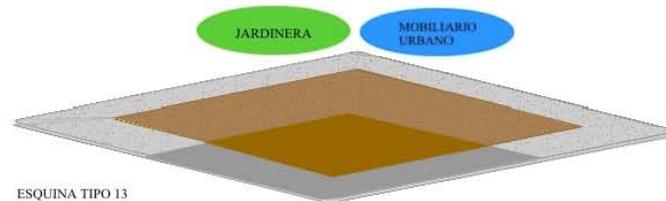
Esquina Av. Oaxaca y Av. Álvaro Obregón



ESQUINA TIPO 12



Esquina Av. México y Av. Michoacán



ESQUINA TIPO 13



Esquina Av. Oaxaca y Av. Sonora

3.7 La Singularidad

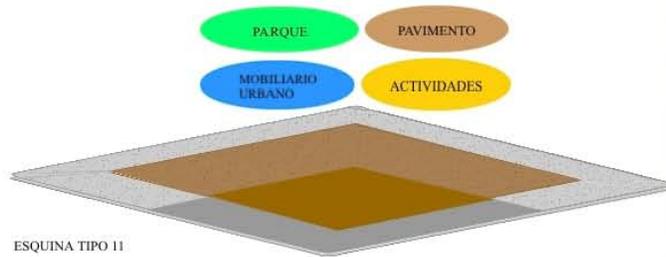
- Nodo extrovertido de concentración y confluencia: en estos puntos existe una síntesis de conexiones de actividades, elementos, vialidad y transporte.



ESQUINA TIPO 8



Esquina Av. Oaxaca y Av. Durango



ESQUINA TIPO 11



Esquina Av. México y Av. Sonora

La jerarquía de los nodos está en función de las actividades que se desarrollan en los distintos niveles del sistema. Los elementos que son parte de estos nodos forman un puente para la aparición de subniveles.

Existen diversos tipos de jerarquía⁸⁰ que se manifiestan en los nodos. Según Habraken son:

- Jerarquía partes-todo.
- Jerarquía por dominancia de las partes.
- Jerarquía por ensamblaje de las partes.

Al aplicar esta clasificación tomando como partes los distintos niveles ya analizados y como el todo el sistema que representa el polígono de estudio, se llega a la conclusión de que los 3 tipos de jerarquía son complementarios. En la clasificación por las partes y el todo es clara la referencia a la conexión entre niveles. Por otro lado al tomar la jerarquía por dominancia de partes, los niveles influyentes (traza, espacio construido-espacio abierto, circulación y actividades) son las características a partir de las cuales se componen los nodos. Finalmente en la jerarquía por ensamblaje de partes, la correlación con la superposición de niveles es clara.

A partir de las clasificaciones anteriores, que para este caso son complementarias, los nodos son ordenados de mayor a menor jerarquía de esta manera:

- Nodo extrovertido de concentración y confluencia.
- Nodo extrovertido de confluencia.
- Nodo extrovertido de concentración.
- Nodo introvertido.

⁸⁰ Habraken N.J. *The Structure of the Ordinary*. Págs: 55-95.

3.7 La Singularidad

En los nodos extrovertidos de concentración y confluencia se observan las esquinas más representativas del recorrido tipo. Los nodos de mayor jerarquía están cercanos a espacios de alta complejidad (unidades 11, 12, 13 y 14) analizados en la sección de entropía, que son (de mayor a menor complejidad) la Plaza Madrid, el Parque México y el Parque España.



Esquina Av. Oaxaca y calle Durango



Esquina Av. Oaxaca y Av. Sonora



Esquina Av. Oaxaca y Av. Sonora



Esquina calle Tamaulipas y Eje 2 Sur

En los nodos extrovertidos de confluencia se observan esquinas cercanas a unidades de complejidad de nivel medio-alto (unidades 8, 9 y 10) correspondientes a algunos tramos de la Av. Sonora, la calle Amsterdam y algunos tramos de la Av. Oaxaca.



Esquina Av. México y calle Teotihuacán



Esquina Av. Oaxaca y calle Monterrey



Esquina Av. Oaxaca y calle Valladolid

3.7 La Singularidad

Los nodos extrovertidos de concentración se ubican en esquinas cuyas unidades de complejidad son de nivel medio y bajo-medio (unidades 4, 5, 6, y 7), correspondientes a algunos tramos de la calle Génova y algunos tramos de la Av. Oaxaca principalmente, ya que se observan algunas excepciones sobre la Av. Sonora.



Esquina calle Génova y calle Londres



Esquina calle Génova y calle Londres



Esquina Av. Oaxaca y calle Salamanca



Esquina Av. Oaxaca y calle Salamanca

Los nodos introvertidos se ubican en esquinas cuyas unidades de complejidad son de nivel bajo (unidades 1, 2, y 3), correspondientes a algunos tramos de la calles Génova, con algunas excepciones en la Av. Oaxaca y la Av. Sonora.



Esquina calle Génova y calle Estrasburgo



Esquina Av. Sonora y calle Popocatépetl



Esquina calle Loreto y Av. México

Entre las estructuras detectadas en las diferentes esquinas del recorrido tipo existen algunas similitudes.

Para nodo introvertido se detectaron 3 relaciones estructurales:

1. Elemento.
2. Elemento + elemento.
3. Elemento + elemento + elemento.

Para nodo extrovertido de concentración se detectaron 2 relaciones estructurales:

1. Mobiliario urbano-actividades + otro elemento.
2. Mobiliario urbano-actividades + otros elementos.

Para nodo extrovertido de confluencia se detectaron 3 relaciones estructurales:

1. Mobiliario urbano-actividades.
2. Mobiliario urbano + otro elemento.
3. Mobiliario urbano-actividades + otro elemento.

Para nodo extrovertido de concentración y confluencia se detectó 1 relación estructural:

1. Mobiliario urbano-actividades + otros elementos.

Las relaciones mobiliario urbano-actividades + otro elemento y mobiliario urbano-actividades + otros elementos se repiten en al menos 2 tipos de nodos, por lo que se puede establecer 2 relaciones estructurales genéricas en las esquinas del recorrido tipo.

Estas 2 relaciones no se encuentran en las esquinas con nivel de complejidad bajo, sino que se asocian a niveles de complejidad medios y altos, por lo que la similitud estructural se presenta conforme la jerarquía de los nodos aumenta.

En las diferentes esquinas se aprecian las relaciones estructurales genéricas:

- Estructura 1:



Esquina Av. Sonora y calle Amsterdam



Esquina Av. Michoacán y Av. México



Esquina Av. Oaxaca y Av. Sonora



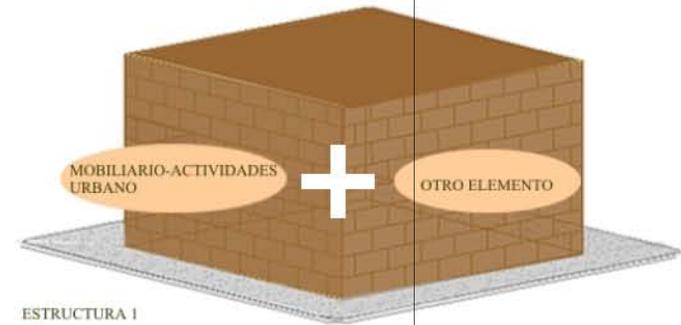
Esquina Av. Sonora y Eje 2 Sur



Esquina Av. México y Av. Sonora



Esquina Av. Michoacán y calle Amsterdam



ESTRUCTURA 1



Esquina Av. Oaxaca y calle Valladolid

3.7 La Singularidad

- Estructura 2:



Esquina Av. Oaxaca, Valladolid y Colima



Esquina Av. Oaxaca, Valladolid y Colima



Esquina Av. México y Av. Sonora



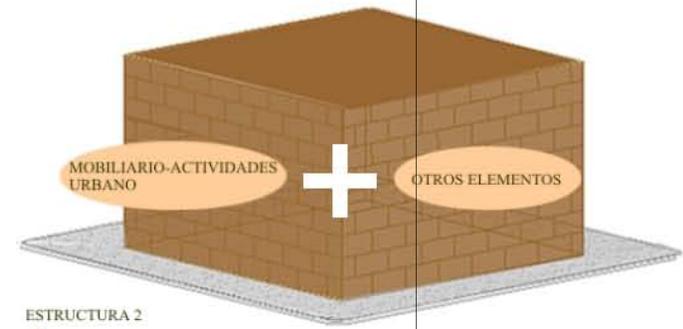
Esquina Av. Michoacán y Av. México



Esquina Sinaloa y Av. Sonora



Esquina calle Génova y calle Londres



ESTRUCTURA 2



Esquina Av. Oaxaca, Sinaloa y Monterrey

3.7.4. Simetría.

Los objetos y sistemas presentan signos de simetría y asimetría al mismo tiempo; pueden ser simétricos al conservar algunas propiedades en ciertas transformaciones y asimétricos al perder propiedades en dichas transformaciones. No hay simetría (en la que todas las propiedades sean conservadas) ni asimetría (en la que todas las propiedades se pierdan) perfectas.⁸¹

La repetición es un proceso simétrico, sin embargo el proceso simétrico puede no ser tan evidente. Como se mencionó, la simetría existe cuando al menos una propiedad del sistema se conserva después de cualquier transformación. Esto es evidente en simetrías topológicas en las cuales existe una conservación de las relaciones o conexiones entre las características o elementos del sistema.

Debido a que las transformaciones simétricas no son necesariamente de tipo geométrico aún cuando involucren procesos geométricos, la percepción de estas transformaciones es tanto geométrica como dinámica. Los ojos tienden a corregir una imagen que presenta una imperfección simétrica geométrica, pero cuando la propiedad no es visible o geométrica, los sentidos no son muy útiles y el reconocimiento es mental.⁸²

El movimiento es también un factor de simetría topológica importante, si el fenómeno es reproducible a partir de una regla simple, los resultados son simétricos.⁸³

En los puntos singulares la simetría del sistema es más evidente. También se mencionó la armonía y proporción como características de simetría, las cuales son esenciales para conservar las conexiones entre elementos.

En distintos niveles del polígono de estudio se conservan estas conexiones a diferentes escalas, por lo que puede hablarse de simetría topológica.

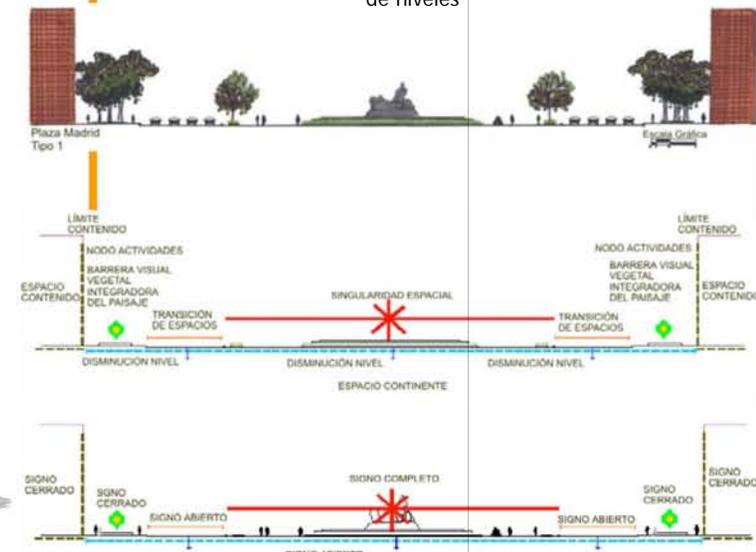
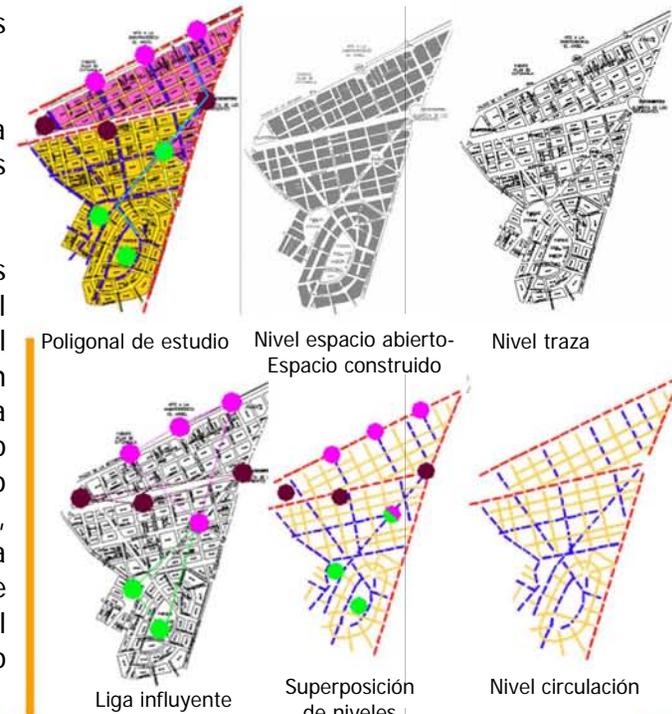
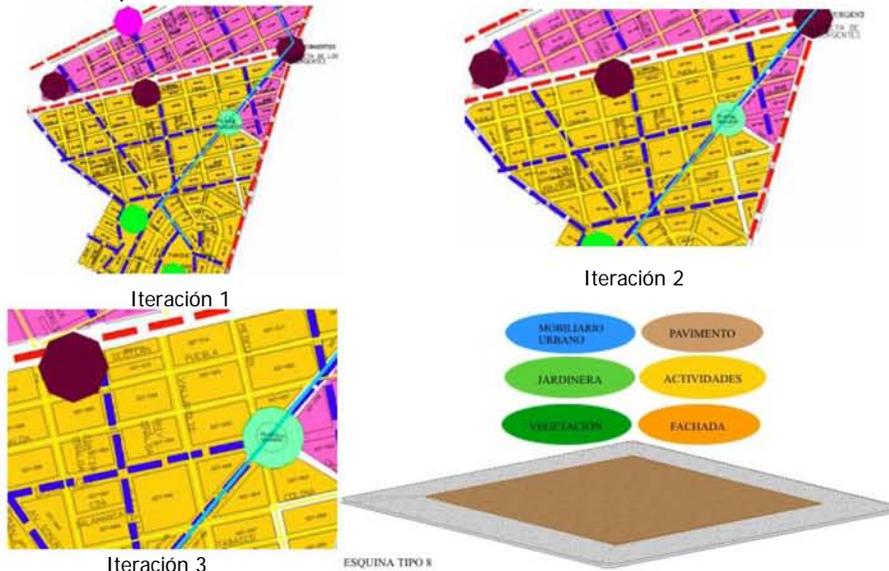
⁸¹ Darvas György. *Symmetry and asymmetry in our surroundings* en Surroundings surrounded. Pág: 136.

⁸² Ibid. Págs: 148-149.

⁸³ Hargittai István. *Symmetry within and without.* en Surroundings surrounded. Págs: 286-287.

La singularidad que constituye en el sistema la Plaza Madrid muestra los distintos niveles simétricos entre sí:

1. A partir del sistema completo se localizan las partes representativas de la singularidad: los diferentes niveles, las superposiciones y las ligas influentes.
2. Estos elementos y las conexiones entre ellos no se modifican en cambios de escala en el sistema. En el caso de la Plaza Madrid, ésta forma parte del nivel espacio construido-espacio abierto, del nivel actividades, del nivel circulación, de la liga influente circulación-actividades, la superposición liga influente-nivel base. A menor escala estos elementos tienen una correlación con la conexión de espacio continente-espacio contenido (espacio construido-espacio abierto), transición de espacios-nodo actividades-singularidad espacial (liga influente circulación-actividades), signo abierto-signo cerrado-signo completo (superposición de liga influente-nivel base) y finalmente la estructura de las esquinas que forman esta plaza está en función de los niveles detectados en todo el sistema: actividades, fachada (espacio construido), vegetación y mobiliario urbano (espacio abierto).



3.7 La Singularidad

Las conexiones entre los elementos son simétricas pues conservan en gran medida sus características a diferentes escalas.

Al estar la percepción de esta simetría en función de las conexiones del sistema, la armonía y la proporción son las características sobresalientes. Como se analizó en la sección correspondiente a complejidad, los distintos niveles son proporcionales entre sí y armónicos con el sistema. Si el usuario percibe esa armonía de niveles, posteriormente integra todos los elementos de las escalas analizadas para formar el todo que es el sistema.

Cuando se comparan los patrones de conexión se encuentran equivalencias como las mencionadas anteriormente, lo que significa que la regla original se conserva así como varias características de las conexiones. El comportamiento de la simetría topológica es congruente con un sistema fractal, en el cual la esencia del sistema se conserva en cada una de sus partes.

El surgimiento de un nuevo espacio tiene una relación muy importante con su temporalización. Es abstracto, infinito y siempre actual. A partir de la estructura intangible del espacio-tiempo se forma una caracterización tangible (un medio físico) y una percepción (un medio mental). La estructura abstracta natural del espacio, forma conexiones que generan un modelo semiótico con la cualidad de modificar el concepto previo y la relación afectiva con el mismo.

En la estructura abstracta general se identifican subestructuras (como la ya mencionada relación objeto-espacio en la que la Arquitectura y la Arquitectura de Paisaje, entre otras disciplinas), que forman una estrecha cooperación. Sin embargo es en la subestructura del espacio artificial-paisaje, donde esta se revela como un gran sistema general de diversas estructuras, relaciones espaciales e infinitas conexiones tangibles e intangibles. Este gran sistema puede describirse en términos de un comportamiento de tipo fractal.

La geometría fractal analizada como una red de interconexión de variables perfectamente organizada a todas las escalas y con el mismo nivel de complejidad en cada escala, tiene equivalencia con varios procesos como estructura física y funcional de la naturaleza.

En el arte se ha encontrado una similitud en función de variables como proporción geométrica, estructura a partir del color, de la forma, del movimiento y de la dislocación de planos espacio-tiempo. También se ha usado como estructura perceptiva o un sistema de conexiones espacio-temporales.

Después de estudiar las principales características de la geometría fractal en un análisis de espacios abiertos urbanos, se tomó a la ciudad como el sistema representativo de la modificación del espacio natural, con cuatro características principales: complejidad, autosimilitud, entropía y singularidad. Todas estas características explican cómo es la relación de elementos físicos y las conexiones tangibles que se articulan además con los elementos perceptivos y las conexiones intangibles.

Cuando se estudia a la ciudad o una sección de ella como un sistema complejo, es necesario hacer referencia a un sistema dinámico. Los elementos tangibles

forman varios niveles y subniveles: división política, uso de suelo, traza urbana, espacio construido, espacio abierto, circulación, actividades, etc. Todos ellos coexisten con diferente jerarquía y forman relaciones de superposición. Los elementos intangibles son signos espaciales que constituyen la principal referencia para el usuario, establecen una comunicación e interacción con el espacio. La conexión de estos elementos se basa en la diferencia estructural de ellos y en la armonía y proporción que constituyen con respecto al sistema en su totalidad.

Este enfoque permite entender los espacios urbanos como un sistema de interconexión a través de la superposición de niveles tanto físicos como perceptivos. Es útil para comprender y organizar la estructura tanto de espacios existentes como la planeación de nuevos espacios y elementos que se adapten al sistema mediante conexiones tangibles e intangibles de complejidad similar. Así en futuros proyectos urbanos, la incorporación de otros niveles y mayor cantidad de elementos será más exitosa al entender la evolución y adaptación de espacios abiertos al sistema urbano.

A partir de los elementos urbanos analizados en la sección de complejidad, surgen diversas líneas para investigación futura; si un sistema tiene alto nivel y un número de conexiones definidos, la probabilidad de cambio disminuye y al haber pocos cambios el sistema es más estable. En ciudades con crecimiento acelerado, el sistema establece nuevas conexiones para estabilizarse. Un análisis más profundo ayudará a revelar cual es el comportamiento exacto de éstas conexiones y sus beneficios.

Se analizó que existe gran actividad perceptiva ante el cambio en general. En el caso de un sistema urbano fractal ¿Cómo se perciben y afectan los cambios en las conexiones entre niveles?, ¿Cómo afecta la relación e interacción en los diferentes tipos de nivel? y ¿Cómo éstos cambios modifican la clasificación de niveles y las dislocaciones espaciales?. Estas dislocaciones de orden físico, perceptivo y social, aún cuando aparecen entre cada nivel, pueden afectar el nivel de conexión. ¿Cómo las dislocaciones espaciales pueden, por ejemplo, convertir una conexión débil entre niveles en una conexión fuerte y viceversa? o ¿Cómo influyen estas dislocaciones en los tipos de conexión (influyente, media, débil) o en los tipos de relaciones entre niveles?. Aún se requiere analizar qué característica (tipo de conexión en relación al nivel como conjunto, tipo de

conexión en relación a los elementos de cada nivel y a los tipos de relaciones entre niveles) de conexión es la determinante en la dinámica del sistema o si no existe dominancia en ninguna de ellas, a la vez que cómo se puede modificar la interacción de características para beneficio de la dinámica del sistema urbano fractal.

Por otro lado, el problema de la diferencia entre un sistema complejo y uno saturado de imágenes tiene origen precisamente en el comportamiento entre conexiones con énfasis en vertientes culturales y tecnológicas. En el caso de la saturación de imágenes, la reducción de otras formas de percepción es perjudicial para el bienestar de la población.

Las teorías posmodernas del urbanismo tienen como prioridad el bienestar y la belleza para lograr la cohesión social¹. Esto no debe estar necesariamente en discordancia con el sistema fractal expuesto en éste trabajo, ya que el sistema es un medio para entender el comportamiento urbano y puede adaptarse a diversos fines. Ese bienestar que se busca para una sociedad cada vez más ensimismada, cuyos individuos están cada vez más aislados unos de otros debido a la falta de interacción en el espacio urbano, entre muchos otros factores de orden social, político y económico. Ante esto es necesario que los diseñadores el espacio público vuelvan a hacer del mismo un lugar de encuentro que responda a las necesidades de todo tipo de la población y esto puede lograrse en el profundo estudio de los elementos urbanos y las interconexiones entre ellos, las cuales finalmente sostienen todo el sistema.

La otra prioridad, la belleza, debe basarse en percepciones más que en estética para mayor funcionalidad y esto se logra mediante la captación de estructuras significativas. Esta captación es una organización mental de los elementos físicos, sociales y culturales del espacio a través de signos. ¿Es la percepción de éstos signos inherente o aprendida?. La gente está en continuo proceso de aprendizaje a lo largo de su vida. Este aprendizaje puede ser una forma de condicionamiento por inducir una conducta determinada e independientemente del tipo que reciba cada persona, por distintas influencias sociales y culturales, la percepción de algunos signos sobrevive a condicionantes como la edad, el sexo, la profesión, etc. Los signos ideales pueden ser de gran ayuda para reforzar las

¹ Quiroz Rothe Héctor. *El malestar por la ciudad*. Pág: 103.

conexiones entre nivel y formar una imagen de ciudad de mejor calidad a sus habitantes, si se entiende por imagen de ciudad un conjunto de cualidades físicas, sociales, económicas y perceptivas.

La autosimilitud es una característica que organiza los elementos tangibles e intangibles del sistema a partir de una escala en función de sí mismo, la cual establece un límite autorreferencial entre niveles. Los patrones físicos inducen patrones de conducta que definen las relaciones espacio-actividades. Los elementos intangibles presentan una sinomorfia que induce una categorización traducida como un signo espacial. La correlación entre este signo y la concepción mental previa (adquirida por el movimiento, sensaciones generales, la memoria y el significado), forman un nuevo esquema mental que adapta al usuario a este tipo de escala. La conexión de estos elementos es evidente en el cambio de escala que obedece a un patrón periódico.

A partir de lo anterior, se descubre que las conexiones primarias son similares en todas las escalas que integran un proyecto tanto al usuario como al resto del sistema.

La relación físico-perceptiva de la persona con un espacio puntual dado como una calle o una plaza, no es muy distinta de la que tiene con la ciudad, ya que en el último caso sólo es cuestión de un aumento en la esquematización. La autosimilitud explica la calidad y cantidad de conexiones entre diferentes escalas del mismo sistema. Así cualquier intervención en el espacio abierto, está determinada tanto por las conexiones físicas de los elementos como por las conexiones perceptivas de los usuarios.

Un espacio adaptado completamente al sistema del que es parte, tiene mayor calidad física y perceptiva que uno que no lo está.

Se analizó que las conexiones internas son una referencia de límite de los niveles del sistema y que éste límite es más claro en las conexiones de tipo influyente, las cuales son manifestación de la autorreferencia del conjunto. Si esta autorreferencia se expresa como la superposición de niveles de dependencia, estos establecen un patrón periódico. Pero en términos prácticos ¿Cómo ayuda un patrón periódico a un sistema urbano fractal? y ¿Cómo puede traducirse en un beneficio para los habitantes?. Si el patrón existe entre elementos de distintos

niveles, establece relaciones importantes, así los patrones son herramientas útiles para la solución de problemas entre niveles. El problema entre la circulación peatonal y la circulación vehicular en la ciudad de México es evidente. Un patrón localizado en un tercer nivel, como por ejemplo actividades, puede significar una herramienta que complemente otros patrones de los niveles afectados y obtener una solución integral. Para ello será necesario un análisis más específico y profundo de los distintos patrones del sistema, que ayude al ciudadano promedio a que cruzar una avenida a pie no sea un riesgo a su seguridad, sin necesidad de recurrir a un puente peatonal o a un cambio de vialidad.

Sin embargo, el estudio de los patrones llevará a otras características como la ya mencionada sinomorfia. El signo espacial que se crea es autónomo, por dar un significado absoluto, pero no es suficiente para el peatón en apuros. La solución debe incluir un signo superpuesto, que le dé conexión y jerarquía o en los casos que se requieran, un signo de intersección que conecte y fusione para lograr un signo completo, el cual mostrará todas las posibilidades. Cuando el signo completo se una a otro de iguales características será un signo total para el sistema. Pero surge la pregunta: ¿La manifestación general de los signos para un sistema fractal es siempre una sinomorfia o ésta es una consecuencia de la aplicación de otros factores?. Además se debe considerar también ¿Cómo afecta el signo total a las dislocaciones espaciales? o si de hecho crea una nueva dislocación y ¿Hasta qué punto se presentan de forma natural y qué procesos siguen para manifestarse como un beneficio urbano?

La entropía es una característica muy importante del sistema urbano, es un detonador perceptivo y el organizador espacial. Explica la especialización de elementos tangibles e intangibles, así como la interrelación de signos. Los primeros establecen conexiones lineales y no lineales de tipo conexo y disconexo. Los segundos se manifiestan como una comparación proporcional de percepciones diversas próximas y distantes. Al ser la clave del comportamiento de la complejidad, permite la planeación de espacios y una predicción sobre su evolución en función de otros cambios en el sistema. Clasifica los espacios por nivel de complejidad y muestra los patrones en que éstos niveles se presentan en la red urbana. A partir de esto, los diseñadores pueden adaptar nuevos proyectos que no rompan con el orden complejo natural de la ciudad y mejorar otros que no estén adaptados.

El análisis sobre la entropía en este trabajo presenta elementos centrales sobre todo el estudio; las unidades de complejidad son quizá el punto más representativo de modificación espacial aplicado a un sistema urbano fractal, ya que representan posibilidades y combinaciones infinitas para los diseñadores del espacio. Desde el punto de vista físico poseen diversas divisiones espaciales y niveles de complejidad, lo que les proporciona versatilidad. Aún cuando las divisiones pueden ser infinitas, no las torna complicadas sino complejas, es decir, perfectamente ordenadas y adaptables. Desde el punto de vista perceptivo, se presentan como signos completos y establecen niveles de comparación.

Al mostrar las unidades de complejidad en función de signos completos abiertos (absolutos) y cerrados (ambiguos), existen comparaciones a través de parámetros. ¿Pueden éstos parámetros utilizarse como una sinestesia? y ¿Puede inducirse en el usuario una sinestesia condicionada por el diseño espacial y qué beneficios tendría?. Ésta última pregunta revela una gran aplicación a nuevos espacios, aunque requiere un estudio más profundo sobre el fenómeno de la sinestesia para éste fin.

Por otro lado los signos completos presentan, como ya se mencionó, todas las posibilidades del sistema, debido a lo cual pueden ser puntos importantes de manipulación para inducción de sinestesia, aunque también se debe estudiar para qué tipos de sinestesia resultan más útiles y cómo se pueden desarrollar. La singularidad urbana representa un espacio de cambio y definición de gran carga simbólica; es primordial en la elaboración de mapas mentales y es un punto articulador de diversas conexiones y niveles. Los elementos tangibles se manifiestan generalmente a través de nodos, aunque también pueden ser hitos o una combinación de ambos. Los elementos intangibles son evidencia de similitudes estructurales. A partir de la singularidad se teje la estructura urbana simétrica de tipo topológico. Un sistema urbano basado en la simetría de conexiones necesita intervenciones que tengan una extensión de ese comportamiento y que las soluciones planteadas tengan en cuenta estos puntos articuladores, así como la creación de nuevos puntos donde sean requeridos.

A partir de la singularidad surgen también diversas interrogantes. Si los símbolos tienden a especificarse y el aumento en la especificación es directamente proporcional al aumento en la subjetividad del símbolo, ¿Puede éste convertirse en una antítesis de un signo completo?. Establecer ésta relación signo-símbolo

en una singularidad espacial puede ser una buena aplicación a lo planteado con anterioridad sobre el uso de sinestesias en el espacio urbano.

Las características sociales, políticas y tecnológicas que determinan a las ciudades contemporáneas tienen máxima representación en los puntos singulares. La estructura de éstos puntos en base a sus tipos de nodos, jerarquías y relaciones estructurales, puede ser el detonador de cambios reales en el sistema urbano a partir de proyectos basados en sistemas fractales.

Jean Baudrillard habla de una estetización en función de la pérdida del objeto; los puntos singulares hacen lo contrario, son la máxima concentración del objeto.

Por otro lado, Jean Nouvel dice que cada obra es una singularidad y que cada singularidad crea agujeros en el conjunto metastásico de la cultura. Si se aplica la jerarquía de singularidades, se establecen dentro de un conjunto fractal, como el analizado en el presente trabajo, y se entiende el término obra de Nouvel como un objeto urbano, entonces sucede justo lo contrario, las singularidades son la concentración misma de la cultura de la sociedad que las creó.

El resultado de esta forma de análisis es un sistema con un patrón caótico en función de la escala y el orden. Las distintas relaciones espaciales y temporales tanto físicas como de percepción se revelan como un todo interconectado y dependiente entre sí.

Muestra que ninguna de sus categorías puede separarse o modificarse sin afectar a las demás; desde el elemento o la acción más pequeña o sencilla hasta las grandes modificaciones urbanas, tienen un patrón de comportamiento similar. Todos estos conceptos interrelacionan la visión de los diseñadores, de los usuarios y la existencia de la ciudad misma.

El futuro de las grandes ciudades está cada vez más influido por la tecnología, sin embargo las relaciones humanas siguen siendo la clave del comportamiento urbano. Las relaciones de los usuarios entre sí, con el medio construido y con el medio natural son la base de la complejidad urbana. Debido a ello, los caminos peatonales no deben estar en contraposición con los caminos vehiculares, sino que son parte del mismo sistema. Al entender este sistema y su funcionamiento,

la adaptación de éstos y otros niveles tendrá un mejor manejo y podrá coexistir de manera exitosa.

La ciudad vista como un sistema fractal permite realizar un análisis más completo de las variables que lo componen, su comportamiento, su evolución y sus problemas.

Con este método de análisis es posible concebir un modelo que describa la gran mayoría de las características del entorno urbano y funcione adecuadamente. Aún cuando las ciudades son sistemas artificiales, se comportan como los sistemas naturales, ya que están regidos por patrones conocidos en la naturaleza. Si se tiene un mejor conocimiento y entendimiento de este sistema, será posible la rehabilitación eficaz de las conexiones que se han roto o deteriorado (como los caminos peatonales en varias partes de la Ciudad de México), así como la creación de nuevas conexiones que respondan a la evolución natural de los entornos urbanos y sus habitantes.

Aún cuando el análisis fue aplicado a una pequeña sección de la Ciudad de México y los resultados numéricos y concretos, pueden y seguramente varían al ser aplicados en otras ciudades, la estructura general de análisis (como la localización de niveles, autorreferencias, iteraciones, unidades de complejidad, estructuras de nodos, etc.), resulta aplicable a otros sistemas urbanos, ya que otros análisis, como por ejemplo, el que aplica Kevin Lynch a algunas ciudades en E.U.A. reporta la problemática de esos espacios en términos de elementos similares (nodos, actividades, espacio construido, espacio abierto, transporte, escala, etc) a los empleados en éste análisis, aunque con un enfoque diferente.

Otro ejemplo es la aplicación teórica similar que han hecho arquitectos como Peter Eisenman, Rem Koolhaas, Zaha Hadid o Bernard Tschumi en varios de sus proyectos, con buenos resultados.

Análisis urbanos más recientes, como el de Nouvel, sobre un urbanismo desterritorializado de posibilidad infinita en el que el tiempo determina qué pertenece a lo urbano, debe contener un apartado importante sobre esa temporalización en términos puramente perceptivos. Habla de las posibilidades intrínsecas de lo urbano. ¿No pueden ser éstas posibilidades de tipo fractal, las cuales a su vez expresen el conjunto espacio-temporal en términos físicos y

perceptivos?, esto puede representar un desarrollo duradero, tan buscado en el concepto posmoderno de ciudad.

El concepto de la “Ciudad Genérica” de Koolhaas muestra como la identidad de una ciudad puede volverse contraproducente para su desarrollo, en términos de la hiperrealidad que la tecnología ofrece. Dentro del urbanismo posmoderno de la ciudad collage intervienen factores como la globalización cultural y económica, la migración, la discontinuidad, la fragmentación, el deterioro ecológico y con mayor énfasis actual, los desastres naturales las comunicaciones y la tensión política mundial.

¿Cómo puede ayudar un sistema fractal a una ciudad de tales características?. Las ciudades y sus espacios están comunicados por redes tecnológicas que no siempre implican necesariamente relación física, aquí las relaciones perceptivas son básicas y la identidad se refuerza más que nunca, por lo que resulta un beneficio conocer ese sistema no físico tan determinante. La concepción de un análisis urbano como sistema fractal tiene su origen precisamente en tomar en cuenta todas las variables de todos los tipos posibles, estando consciente de todas las posibilidades que tiene el mismo y esto incluye evidentemente su desarrollo, contexto e interconexión de todo tipo.

Aunque en el presente trabajo se haya hecho una selección de características a analizar por razones prácticas, el concepto central de la aplicación de éste sistema incluye un modelo general en base a características físicas y perceptivas que serán estudiadas según las prioridades del análisis que se realice.

De cualquier manera la finalidad de las nuevas visiones urbanas es elevar la calidad de vida de los habitantes enfrentando las variables del mundo actual y mostrando a la ciudad siempre como el reflejo de su sociedad en todos los aspectos.

Para elevar la calidad de vida de la gente que vive en la ciudad y la calidad de los espacios por sí mismos, éstos últimos deben ser funcionales y adaptarse al paisaje. Parte de esa adaptación está en el tratamiento de los espacios abiertos y de los recorridos que algunos de ellos forman.

En el recorrido tipo estudiado, se analizó el punto de vista del peatón y muestra que el sistema de tipo fractal de toda la zona, puede establecer una coexistencia entre la circulación peatonal y vehicular en la que no se vean afectadas, sino complementadas. El análisis de las conexiones y la superposición de niveles es la clave de esta relación complementaria. Así pues, los espacios susceptibles de recorridos peatonales tienen una relación estrecha con el paisaje urbano, el cual es la base original física en que se realizan las conexiones mencionadas.

Por otro lado, la funcionalidad es descrita en términos de un sistema fractal como la coherencia y la eficiencia de conexiones existentes y posibles. Si la ciudad se comporta en función de un patrón caótico, éste paradójicamente es bastante ordenado, de ahí su extrema complejidad. Para rehabilitar y proponer nuevos espacios peatonales en una ciudad dominada por vehículos, la visión de un gran fractal permite arreglar las conexiones interrumpidas o modificadas que han causado el desequilibrio. Este sistema puede ayudar a establecer un nuevo tipo de planeación de las ciudades y sus espacios basado en las variables que las afectan ahora y en un futuro. Cualquier sistema dinámico en la naturaleza evoluciona a través del tiempo. Las ciudades se comportan de manera similar, sólo es cuestión de entender su lenguaje.

Libros:

Ardila Alfredo. *Psicología de la Percepción*. Editorial Trillas. México, 1980.

Barrow John, Silk Joseph. *El lado izquierdo de la Creación*. Fondo de Cultura Económica. México, 1998.

Baudrillard Jean, Nouvel Jean. *Los Objetos Singulares: Arquitectura y Filosofía*. Fondo de Cultura Económica. Argentina, 2002.

Braun Eliezer. *Caos, Fractales y cosas raras*. Fondo de Cultura Económica. México, 2003.

Eisenman Peter, Derrida Jacques. *Chora I Works*. The Monacelli Press. Hong Kong, 1997.

Eisenman Peter. *Re-Working Eisenman*. The Monacelli Press. Hong Kong, 1997.

Fiedler Jeannine, Feierabend Peter eds. *Bauhaus*. Könemann Verlagsgesellschaft. España, 2000.

Frutiger Adrian. *Signos, Símbolos, Marcas, Señales*. Editorial Gustavo Gili. España, 1981.

Gombrich E.H. *La Historia del Arte*. Editorial Diana y CONACULTA. Hong Kong, 1999.

Grosz Elizabeth. *Architecture from the Outside: Essays on Virtual and Real Space*. The MIT Press. E.U.A, 2002.

Guillaume Paul. *Psicología de la forma*. Editorial Psique. Argentina, 1975.

Habraken N.J. *The Structure of the Ordinary*. The MIT Press. E.U.A, 2000.

Harrison John. *Synaesthesia: The Strangest Thing*. Oxford University Press. Gran Bretaña, 2001.

Jacobi Jolande. *Complejo, Arquetipo y Símbolo*. Fondo de Cultura Económica. México, 1983.

Jencks Charles. *The Architecture of the jumping Universe: How Complexity Science is changing Architecture and Culture*. Academy Editions. Gran Bretaña, 1996.

Jost François, Gaudreault André. *El Relato Cinematográfico*. Ediciones Paidós. España, 1995.

Kapraff Jay. *Connections: The Geometric bridge between Art and Science*. World Scientific Publishing. Singapur, 2001.

Koolhaas Rem. *Conversaciones con Estudiantes*. Editorial Gustavo Gili. España, 2002.

Krieger Peter, coord. *Aprendiendo de Insurgentes*. Centro de Investigaciones y Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura, UNAM. México, 2004. (libro digital).

Lawson Bryan. *The Language of Space*. Architectural Press. Gran Bretaña, 2001.

Leach Neil. *La an-estética de la Arquitectura*. Editorial Gustavo Gili. España, 2001.

Levine Michael W. *Fundamentals of Sensation and Perception*. Oxford University Press. Gran Bretaña, 2001.

Lynch Kevin. *La Imagen de la Ciudad*. Editorial Gustavo Gili. España, 1998.

Montaner Josep María. *La Modernidad superada: Arquitectura, Arte y Pensamiento del siglo XX*. Editorial Gustavo Gili. España, 1999.

Norberg-Schulz Christian. *Intenciones en Arquitectura*. Editorial Gustavo Gili. España, 1998.

Oppici Fabio, Walker Enrique. *Entrevistas con Arquitectos*. Ediciones Arquitectura. Chile, 1998.

Ortíz-Osés Andrés. *C.G. Jung: Arquetipos y Sentido*. Universidad de Deusto. España, 1988.

Quiróz Rothe Héctor. *El Malestar por la Ciudad*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 2003.

Rafols J.F. *Historia del Arte*. Editorial Óptima. España, 2000.

Sametband Moisés José. *Entre el Orden y el Caos: la Complejidad*. Fondo de Cultura Económica. México, 1999.

Soriano Federico. *Sin_tesis*. Editorial Gustavo Gili. España, 2004.

Stein Murray. *Jung's Map of the Soul*. Open Court Editions. E.U.A, 1998.

Talanquer Vicente. *Fractus, Fracta, Fractal: Fractales de laberintos y espejos*. Fondo de Cultura Económica. México, 2002.

Tschumi Bernard. *Document Extra*. Número 10. Japón, 1997.

Weibel Peter ed. *Surroundings Surrounded: Essays on Space and Science*. Zentrum für Kunst und Media Karlsruhe y The MIT Press. Alemania, 2001.

Wigley Mark *The Architecture of Deconstruction: Derrida's Haunt*. The MIT Press. E.U.A, 1993.

Revistas:

VV.AA. *Arquine*. Número 31. México, 2005.

VV.AA. *Bitácora Arquitectura*. Número 13. Facultad de Arquitectura. UNAM. México, 2005.

Páginas web:

www.amertin.de

www.artehistoria.com

www.bauhaus.de

www.cartage.org.lb

www.fractal.org.com

www.imageandart.com

www.red-mat.unam.mx

www.tykwere-online.de

www.villette.com

Anexo: Polígono de estudio.

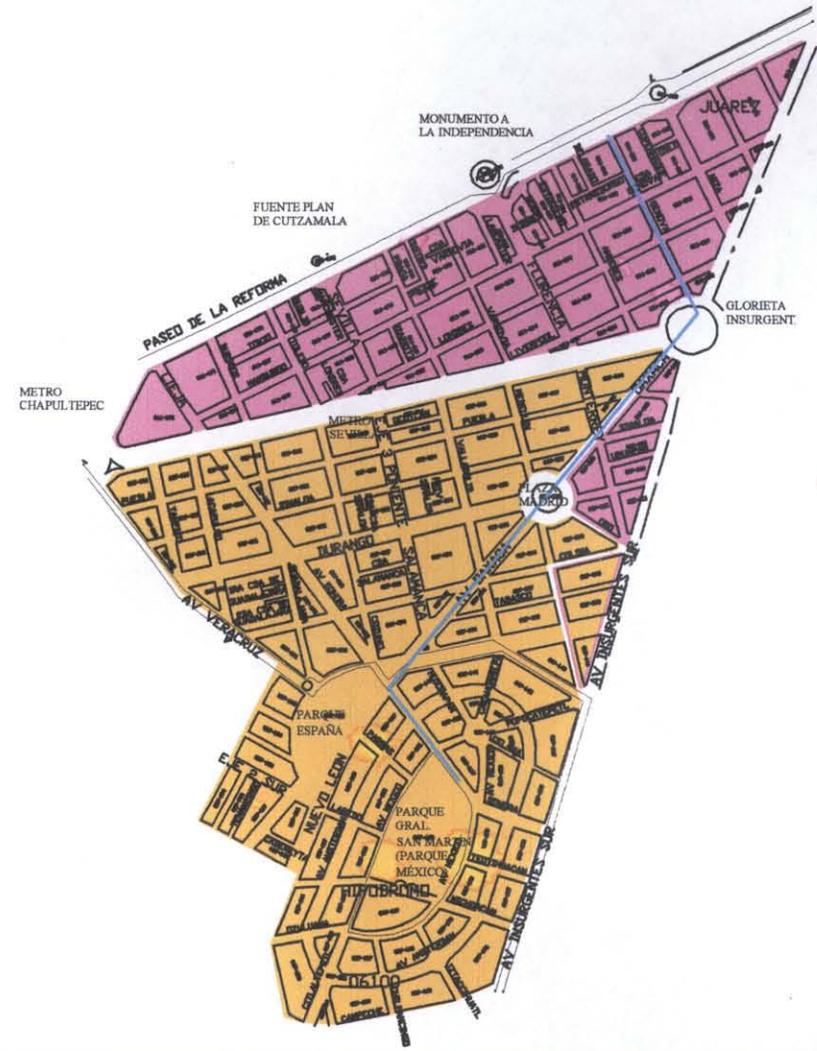
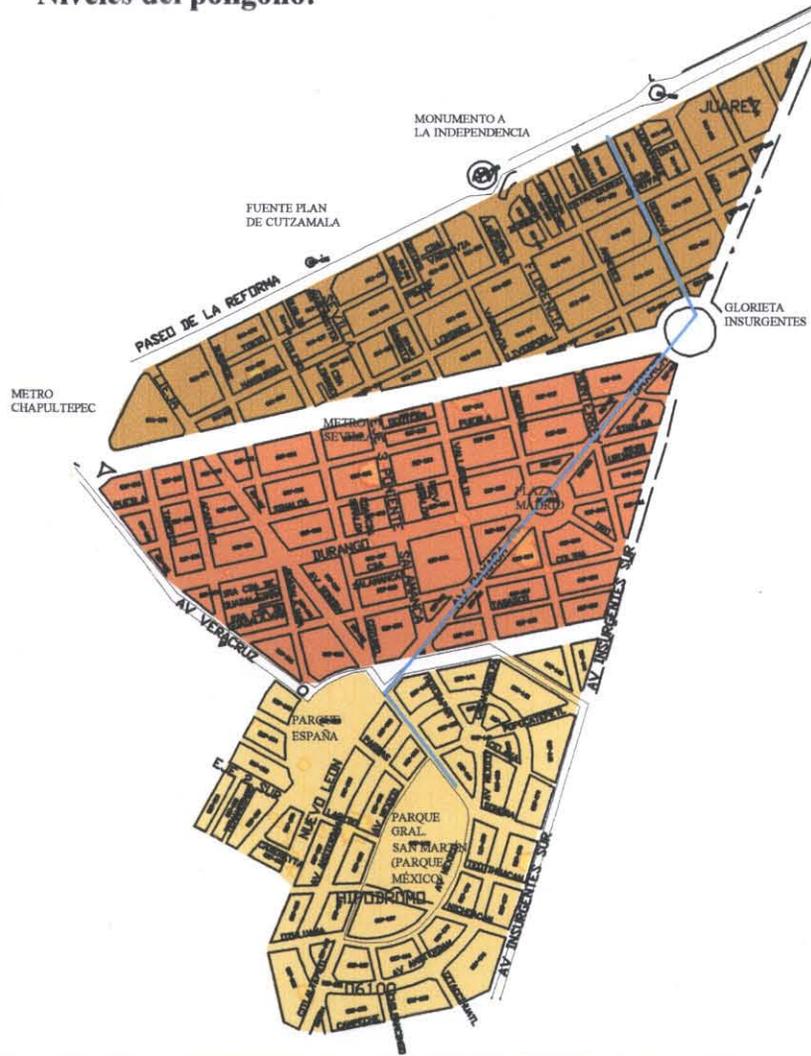
Delimitación:

El polígono de estudio ubicado en la delegación Cuauhtémoc de la Ciudad de México está limitado al norte por el Paseo de la Reforma, al sur por la calle Campeche, al este por la Avenida Insurgentes y al oeste por la Av. Veracruz, la calle Atlixco, la calle Fernando Montes de Oca y la Av. Nuevo León.

Recorrido tipo:

Dentro de este polígono se eligió un recorrido tipo que comprende la calle Génova desde el Paseo de la Reforma hasta la Glorieta Insurgentes, la Glorieta Insurgentes, la Av. Oaxaca hasta el Parque España, la Plaza Madrid, el Parque España, la Av. Sonora entre el Parque España y el Parque México, y el Parque México.

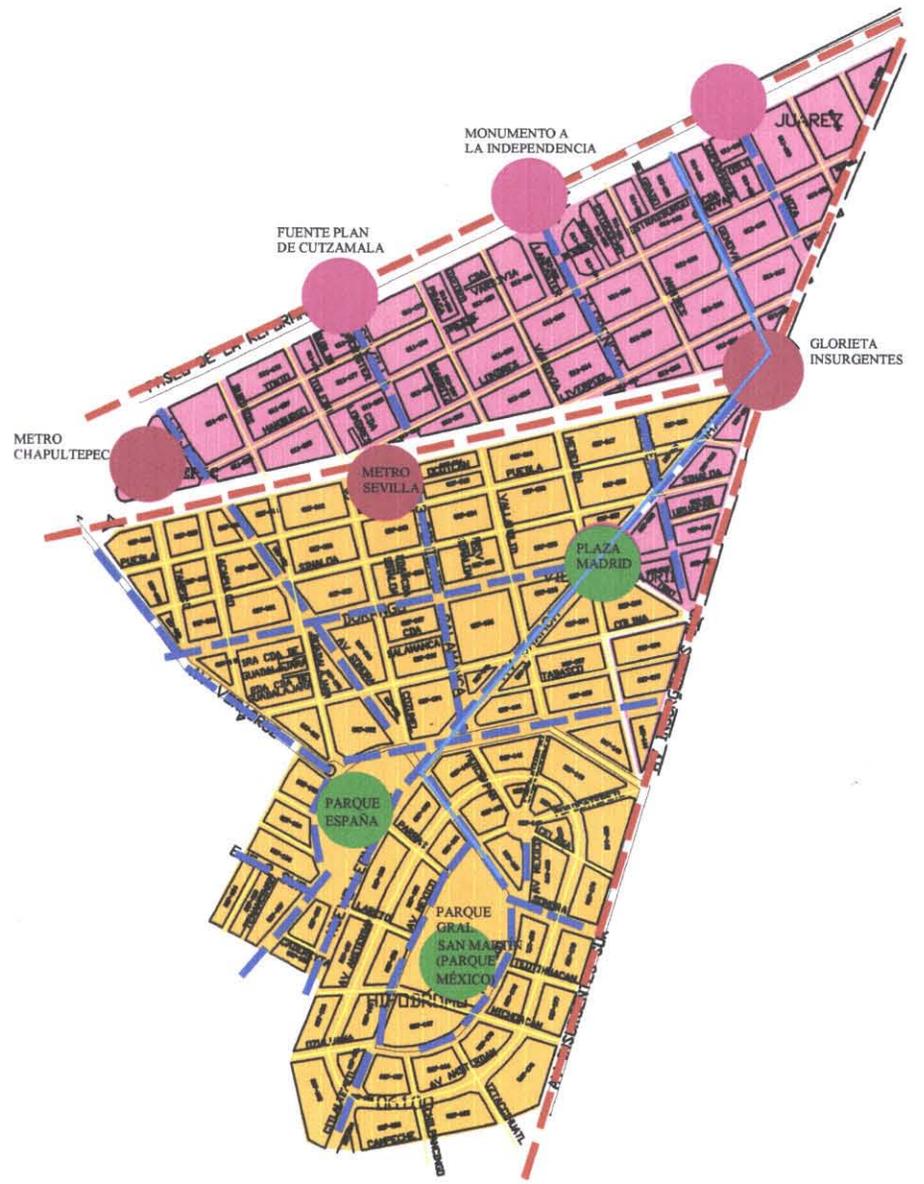
Niveles del polígono:



Nivel división política
 Nivel usos de suelo



Colonia Juárez	Nodo transporte
Colonia Condesa	Hito
Colonia Roma	Nodo actividad convivencia
Uso de suelo habitacional	Vialidad primaria
Uso de suelo habitacional mixto	Vialidad secundaria
Espacio construido	Vialidad terciaria
	Recorrido tipo



Niveles de Organización



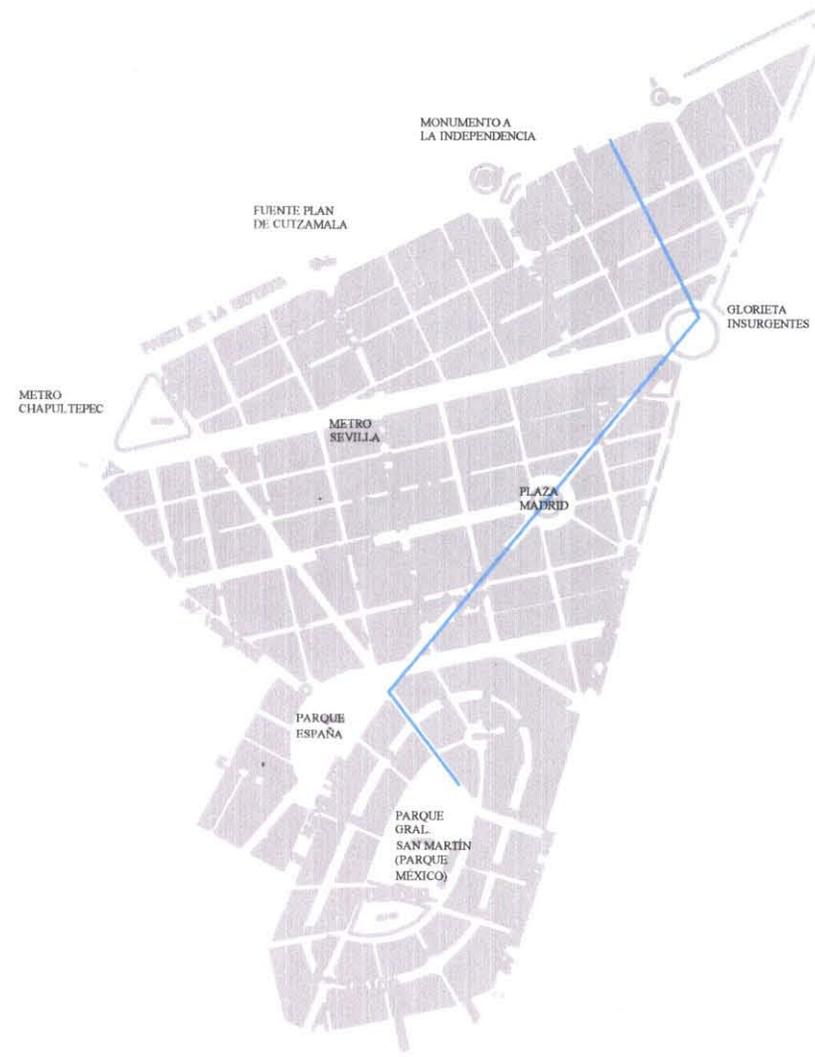
Colonia Juárez	Nodo transporte
Colonia Condesa	Hito
Colonia Roma	Nodo actividad convivencia
Uso de suelo habitacional	Vialidad primaria
Uso de suelo habitacional mixto	Vialidad secundaria
Espacio construido	Vialidad terciaria
	Recorrido tipo



Nivel circulación
Nivel actividades



Colonia Juárez	● Nodo transporte
Colonia Condesa	● Hito
Colonia Roma	● Nodo actividad convivienci
Uso de suelo habitacional	- - - Vialidad primaria
Uso de suelo habitacional mixto	- - - Vialidad secundaria
Espacio construido	- - - Vialidad terciaria
	— Recorrido tipo



Nivel traza
 Nivel espacio construido-
 espacio abierto



- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Colonia Juárez Colonia Condesa Colonia Roma Uso de suelo habitacional Uso de suelo habitacional mixto Espacio construido | <ul style="list-style-type: none"> Nodo transporte Hito Nodo actividad convenci Vialidad primaria Vialidad secundaria Vialidad terciaria Recorrido tipo |
|---|---|

Ubicación de unidades de complejidad en el polígono:



