



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Artes y Diseño

Animación digital de la escultura modular

Tesis que para obtener el título de licenciado en artes visuales presenta:

Joel Isaac Martínez Becerril

Directora de Tesis: Doctora María Patricia Vázquez Langle

Ciudad de México, febrero 2020.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 mis padres, hermanos y a mi familia.

Índice

Introducción		05
Capítulo I	La geometría del cubo	14
	1.1 El Cubo o Hexaedro	15
	1.2 Desarrollo del cubo	23
CAPÍTULO II	El Espacio, el Cubo y la Escultura	34
	2.1 El Cubo en la Escultura Moderna	39
Capítulo III	Antecedentes, Influencias y Similitudes	48
	3.1 Arte Cinético	
	3.2 Minimal Art	58
	3.3 Escultura Modular en México	65

CAPÍTULO IV	<i>Espacio y Volumen, una propuesta escultórica</i>	80
	4.1 Desarrollo del Módulo	
	4.1.2 sub-módulos y supermódulo	84
	4.1.3 Combinaciones modulares	85
	4.1.4 Proceso constructivo análogo	86
	4.1.5 El problema de la base	88
	4.1.6 Descripción de las esculturas en metal	90
	4.1.7 El movimiento y el tiempo en la escultura	106
	4.1.8 Proceso digital, animación por computadora	108
	4.1.9 Descripción del proceso digital	110
	4.1.10 Esculturas digitales	112
Conclusiones		116

Todos tenemos naturalmente el deseo de saber. El placer que nos causan las percepciones de nuestros sentidos son una prueba de esta verdad. Nos agradan por sí mismas, independientemente de su utilidad, sobre todo las de la vista. En efecto, no sólo cuando tenemos intención de hacer, sino hasta cuando ningún objeto práctico nos proponemos, preferimos por decirlo así, el conocimiento visible a todos los demás conocimientos que nos dan los demás sentidos. Y la razón es que la vista, mejor que los otros sentidos, nos da a conocer los objetos, y nos descubre entre ellos un gran número de diferencias.

Aristóteles, *Metafísica*

Introducción

Esta tesis presenta las fotografías, video, animación digital y la descripción de las esculturas realizadas en el Taller de Escultura en Metal de esta Facultad, exhibidas en la galería Luis Nishizawa para la exposición “Espacio y Volumen”. Al término de la muestra se desarrolló la animación digital de las esculturas y fue presentada en la mesa redonda Artes y nuevas tecnologías, Escultura Digital, durante el Primer Encuentro Universitario de las Humanidades y las Artes en el Museo Universitario de Ciencias y Artes (MUCA) de Ciudad Universitaria.

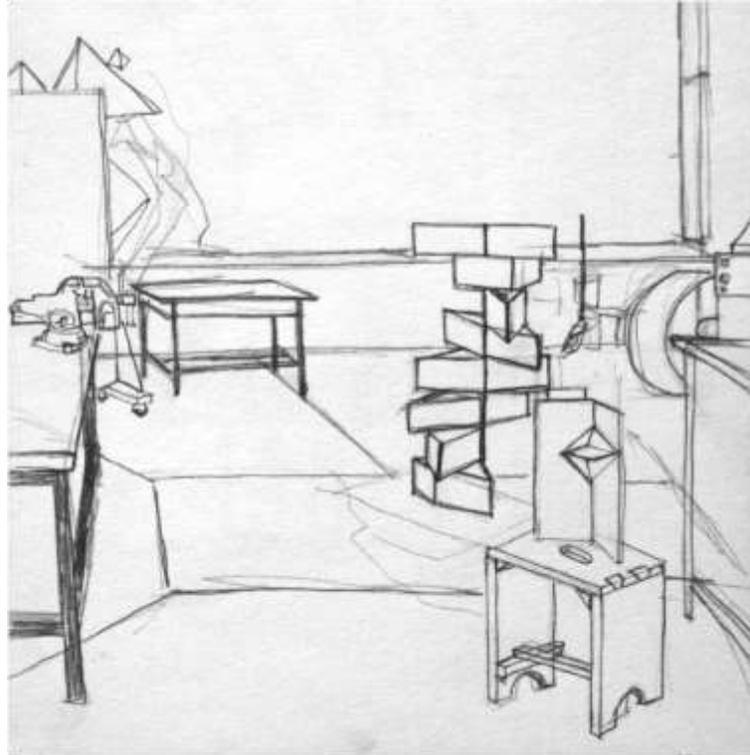
Como se trata de una investigación cualitativa no se plantea una hipótesis, ya que el estudio se caracteriza por el análisis comparativo de los procedimientos análogos con los digitales en la construcción y animación de las doce esculturas realizadas en metal. El proceso se basa en un módulo cuya repetición y combinaciones forman una escultura de seis módulos, cuyas combinaciones están determinadas por los diferentes tipos de unión modular.

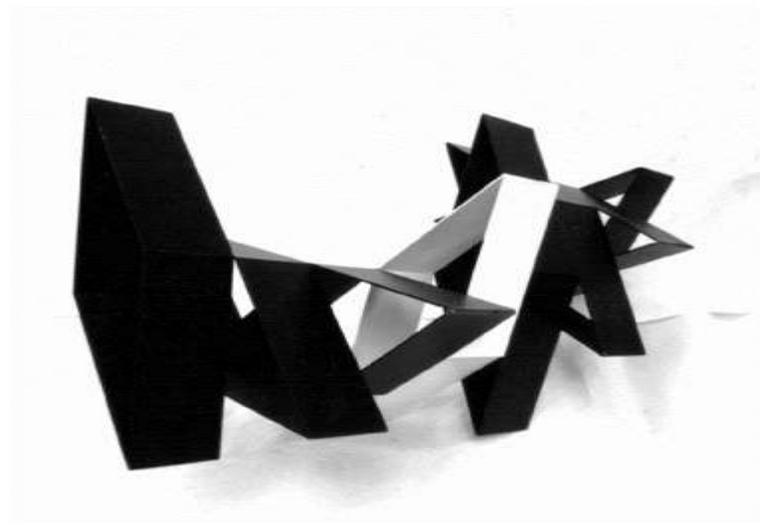
Al terminar el proyecto en metal, surgió la idea de visualizar las esculturas en movimiento en una animación por computadora. Después de analizar el proceso análogo se determinó la secuencia de animación; sin embargo, durante la transcripción del proceso análogo a digital, se descubrió que no sólo se podía visualizar el movimiento de las esculturas, sino que también, era posible observar cómo se situaban cada uno de los módulos en la formación de las piezas, al mismo tiempo que la cámara gira alrededor de las esculturas.

En el primer capítulo, se analizan los aspectos de la geometría en general y en particular la estructura del cubo; su relación con los Sólidos platónicos, y la manera en que se ha interpretado a lo largo de la historia de la Geometría, desde el *Timeo* hasta Leonardo da Vinci. Por otro lado, se analizan las diversas formas en que el cubo se ha manifestado en el lenguaje escultórico, desde Naum Gabo, hasta nuestros días, así como las maneras de representarlo *sólido* o *vacío*. En el

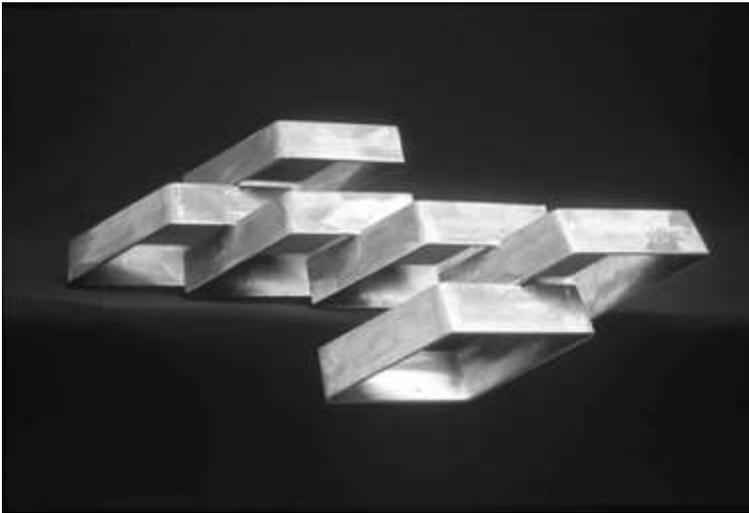
segundo capítulo, se presentan las concepciones sobre el espacio, el cubo y la escultura. desde el punto de vista de la filosofía, la ciencia y su repercusión en el arte.

En el tercer capítulo, se revisan las ideas y conceptos en los que se encuentran similitudes con mi trabajo, por un lado, con el Arte Cinético, en cuanto a la idea de movimiento en la escultura desarrollado en la animación digital, y por otro, con la escultura del *Minimal Art* y con la escultura modular en México. En el cuarto capítulo, se describen las esculturas de la propuesta, el origen y desarrollo del módulo, los tipos de unión y combinación, así como los procesos constructivos análogo y digital. Finalmente se plantean las ideas sobre el movimiento y el tiempo en la escultura, así como los antecedentes de la animación por computadora que permitieron el desarrollo de la *Animación de la escultura modular*, la cual complementa la propuesta escultórica en metal.





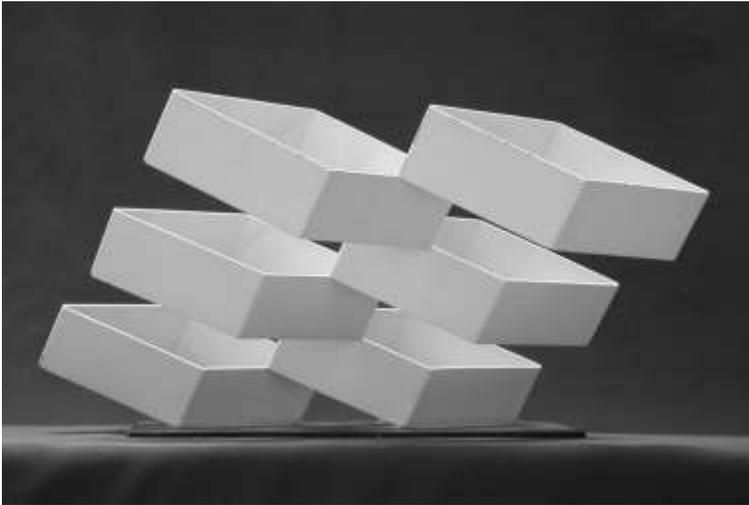
Espiral, 1992, acero pintado, 120x60x60cm



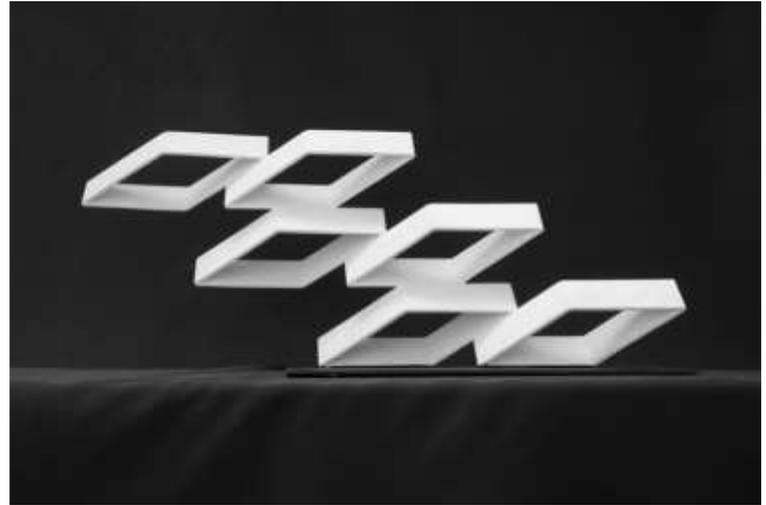
Gaviotas, 1992, acero inoxidable, 27x168x102cm



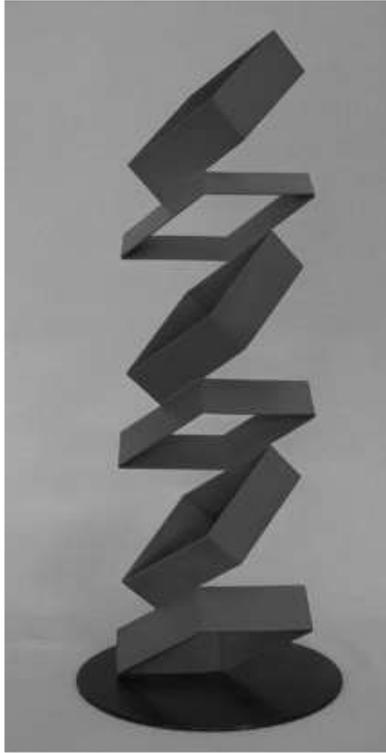
Fuelle, 1992, acero inoxidable, 72x102x63cm



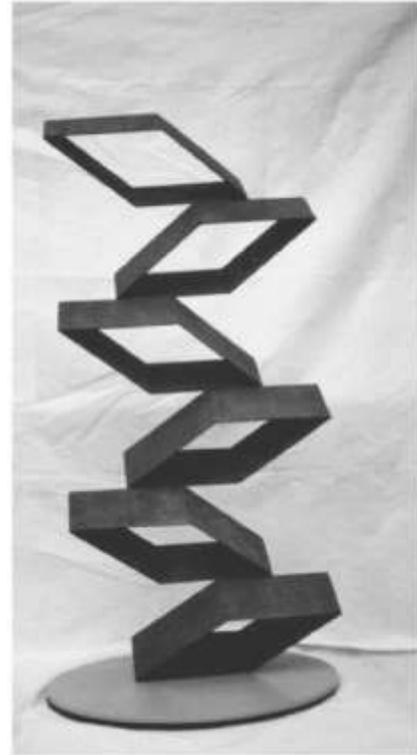
Arlequín, 1993, acero pintado, 42x84x48cm



Cardumen, 1993, acero pintado, 22x122x48cm



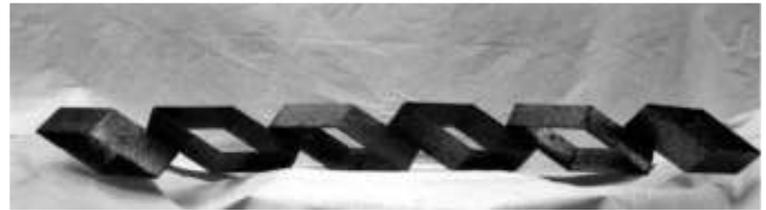
Descenso, 1993, acero pintado, 122x34x17cm



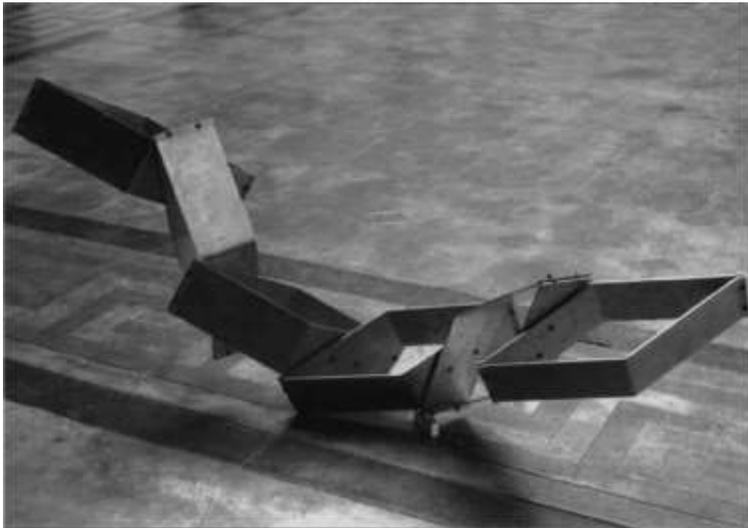
Aterrizaje, 1993, acero oxidado, 101x46x17cm



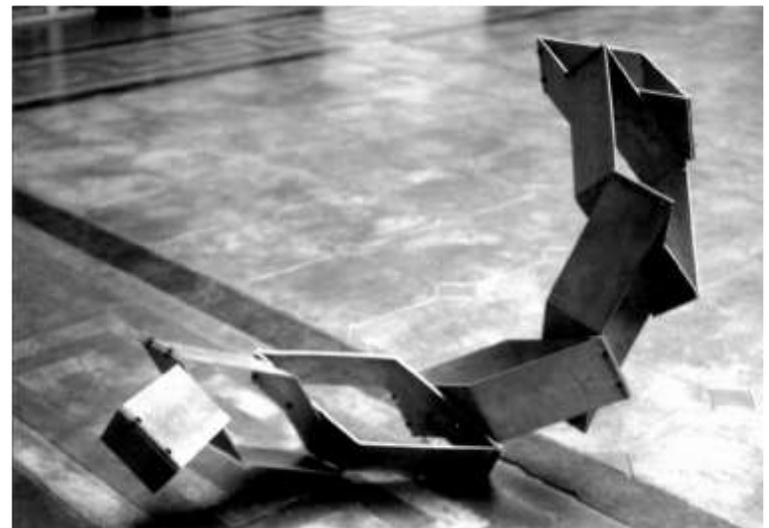
Escalera, 1994, acero oxidado, 63x66x20cm



Serpiente, 1994, acero oxidado, 17x188x17cm



Áspid, 1995, acero inoxidable, 83x164x53cm



Nauyaca acero inoxidable, 1995, 91x50x85cm

CAPÍTULO I

La Geometría del Cubo

La línea consta de un número infinito de puntos; el plano, de un número infinito de líneas; el volumen, de un número infinito de planos; el hipervolumen, de un número infinito de volúmenes... No, decididamente no es éste, more geométrico, el mejor modo de iniciar mi relato. Afirmar que es verídico es ahora una convención de todo relato fantástico; el mío, sin embargo, es verídico.

Jorge Luis Borges, *El libro de arena*

La geometría fue una abstracción de la naturaleza. Pitágoras analizó las formas y las proporciones armónicas considerando estas cualidades como entidades de origen divino, para las cuales debían inventarse signos y símbolos. Los filósofos y geómetras definieron verbalmente los elementos, tales como el punto, la línea el ángulo y el círculo, descubiertos empíricamente miles de años antes. Se llevó a cabo entonces un proceso de conceptualización; la identidad de formas y divisiones agradables se convirtió en armonía.

Los intervalos de medida fueron identificados con los intervalos de tiempo, y así se hizo posible una ciencia cada vez más compleja, las matemáticas. Este sistema de armonía, como geometrización gradual de motivos naturales, fue aplicado, paradójicamente, a los fenómenos naturales de los que originalmente había derivado. Primero apareció una etapa de empatía vital, de mimesis; formas vegetales y animales fueron usadas como motivos decorativos en toda su vitalidad natural. Luego estas formas se estilizaron más y más, finalmente se geometrizaron. Entonces, y solo entonces, penetraron en la conciencia humana como abstracciones. Luego entonces se llegó a la armonía como tal, la cual fue redescubierta en la naturaleza, en el movimiento de los planetas, en las formas de las flores y de las plantas; en el hombre mismo, en la sección áurea. Esta fue la base del *naturismo griego*, de la idealización de la naturaleza como ilustración de las leyes matemáticas divinas”.¹

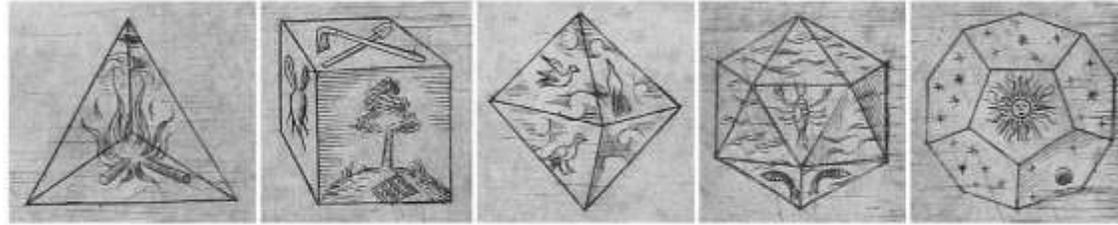
¹ READ, Herbert, *Imagen e idea. La función del arte en el desarrollo de la conciencia humana*, Fondo de Cultura Económica, México, 1985. pp 122-24

Ya que la escultura propuesta en esta tesis se basa en la transformación de un cubo, en este capítulo se describe la estructura de este cuerpo, y su relación con el espacio desde el punto de vista de la Geometría; su importancia y tratamiento a lo largo de la historia en cuanto a los conceptos de sólido, vacío, y la manera de representarlo en el plano y en el espacio. En el capítulo II, el cubo se analizará desde el punto de vista de la escultura.

1.1 El Cubo o Hexaedro

El cubo es uno de los cinco poliedros regulares, también conocidos como Sólidos platónicos, llamados así, no porque Platón los haya desarrollado, sino por el especial énfasis que hace de ellos en su exposición de la cosmogonía pitagórica en el diálogo: *Timeo o de la naturaleza*.² A cada poliedro correspondía uno de los elementos de la estructura del universo: el tetraedro representaba el fuego, el octaedro el aire, el icosaedro el agua, y el hexaedro la tierra. Estos cuatro sólidos estaban relacionados con la materia, mientras que el dodecaedro estaba místicamente asociado al cosmos, a lo etéreo y de esta forma representaba así al universo, como lo que todo lo contiene.

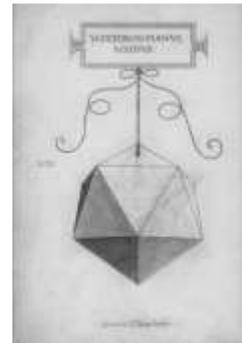
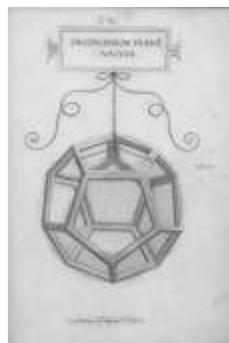
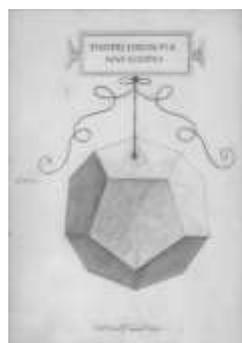
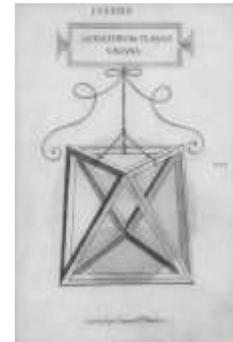
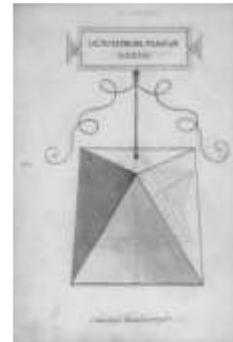
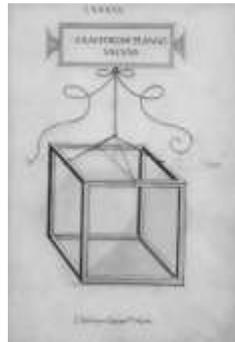
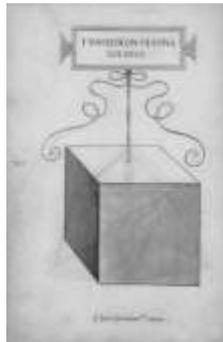
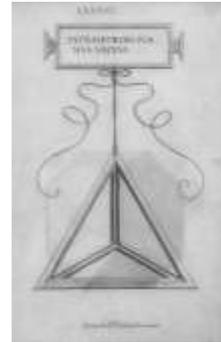
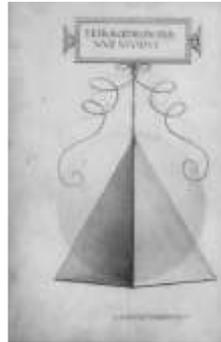
² Platón, "Timeo", Obras completas, edición de Patricio de Azcárate, Madrid, 1872, <http://www.filosofia.org/cla/pla/img/azf06131.pdf>



Sólidos Platónicos, Johannes Kepler, 1596.

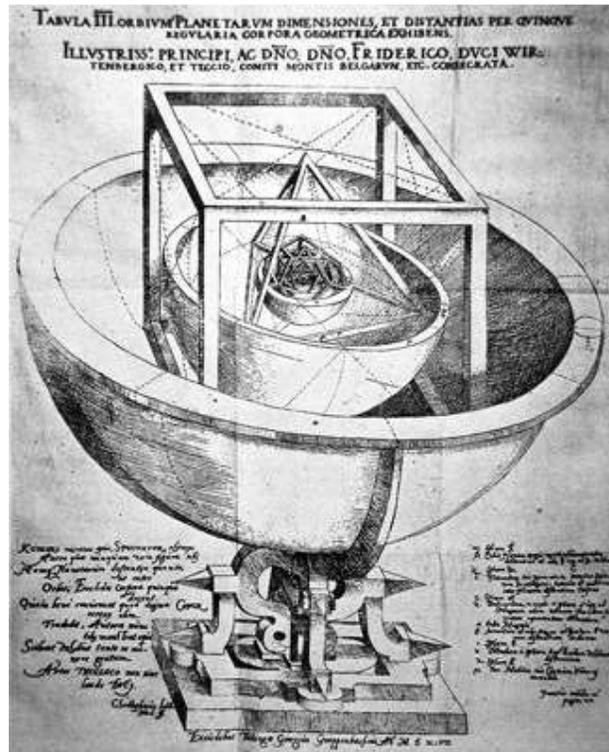
<https://www.comsol.com/blogs/how-to-use-the-platonic-solids-as-geometry-parts-in-comsol/>

Siglos más tarde, Leonardo da Vinci ilustró la *Divina proporción* de Luca Pacioli en 1509. En las ilustraciones de los poliedros se lee: “TETRACEDRON PLANVS, SOLIDVS; TETRACEDRON, PLANUS, VACVVS” (en todos los poliedros: plano, sólido; plano, vacío). Se trata de formas planas y vacías, donde se establecen los conceptos de espacio envolvente, espacio contenido, donde también puede interpretarse que el plano-vacío contiene espacio, mientras que en el plano-sólido hay masa contenida por el espacio envolvente, así como la idea de sólidos negativos de Sol LeWitt.



DA VINCI, Leonardo, sXVI <http://hideback.tumblr.com/post/76108636313/discoveringdavinci-illustrations-of-various>

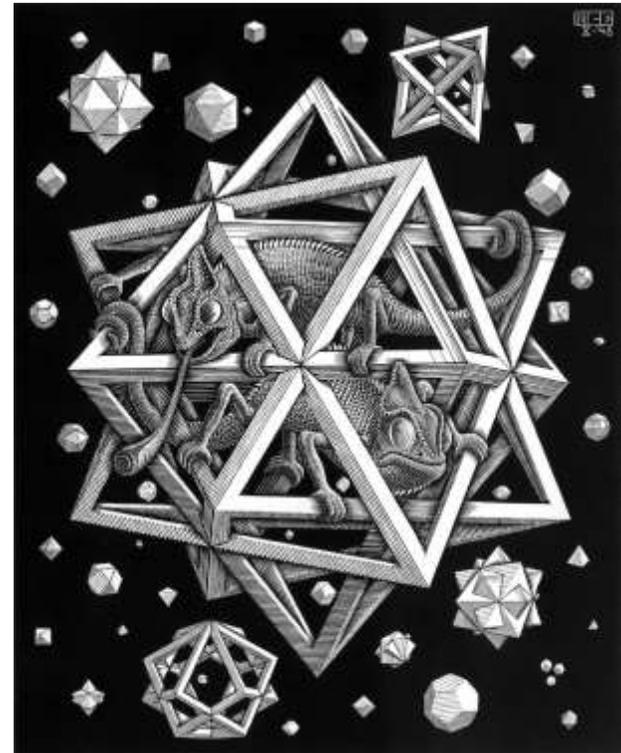
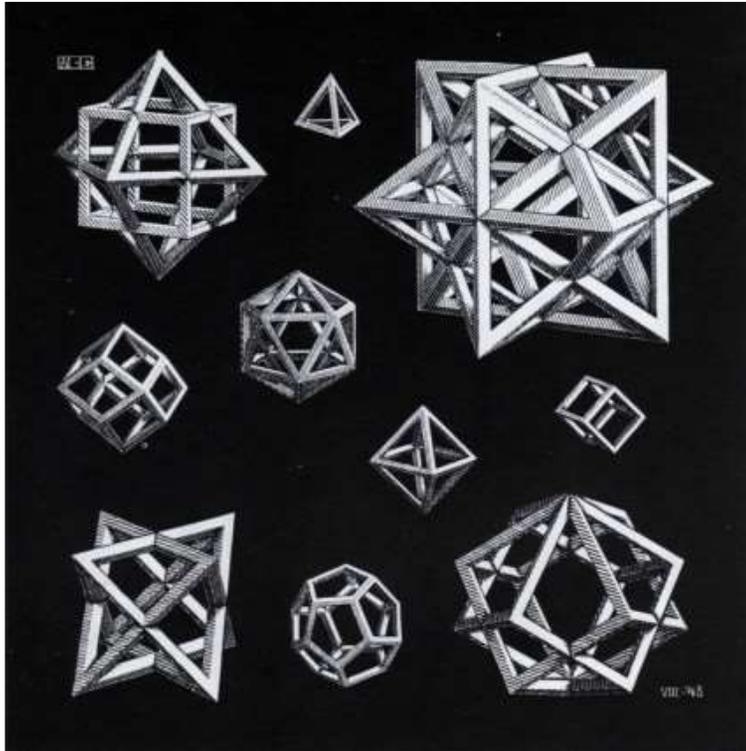
Más tarde, hacia 1595, Johannes Kepler desarrolló un modelo del sistema solar con esferas y los poliedros en su obra *Mysterium Cosmographicum*.



Modelo del sistema solar, Johannes Kepler, 1596.

https://www.princeton.edu/~his291/Keplerian_Solids.html

Finalmente, a mediados del siglo XX, Mauritus Cornelius Escher, fascinado por estos cuerpos geométricos, también realizó muchos grabados con este tema.



M. C. Escher, *Estrellas*, 1948.

<http://www.beatricebrandini.it/wp-content/uploads/2015/05/13-stars-1948.jpg>

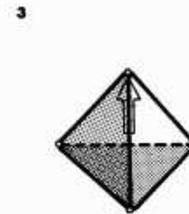
Ahora bien, la idea de movimiento y transformación del plano al espacio surge con lo que plantea el arquitecto Keith Critchlow, al describir la transformación de un punto a un volumen: “Si el punto se mueve en una dirección sobre el plano, éste traza una línea recta en la primera dimensión. En un segundo movimiento esta línea resultante en otra dirección que la primera, describe un plano en la segunda dimensión. El trazo de este plano como proyección, en un tercer cambio de dirección, describe un sólido en la tercera dimensión. Hay tres aspectos fundamentales en que los tres movimientos pueden efectuarse: el primero y más simple produce un tetraedro; el segundo y más común, genera un cubo. El tercero, que implica un movimiento cíclico o de rotación a través de cada dimensión, se convierte en una esfera”.³

³ CRITCHLOW, Keith, *Order in Space, A Design Source Book*, Thames & Hudson, London, 1969. p4

THE MOVES INTO THE DIMENSIONS

A
THE MINIMAL MOVEMENT

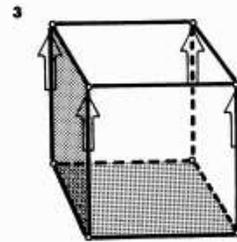
•
Point of departure



TETRAHEDRON

B
THE MEDIAL MOVEMENT

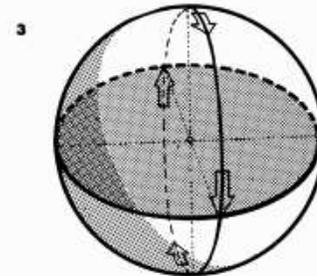
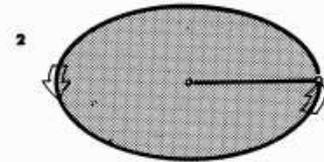
•
Point of departure



CUBE

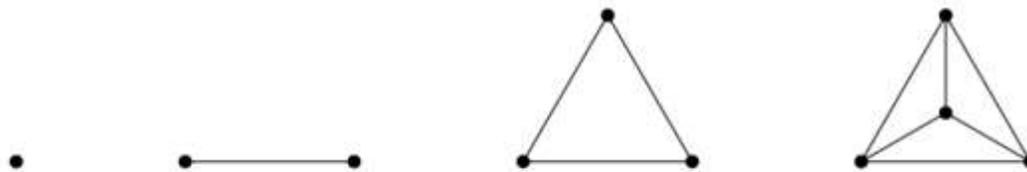
C
THE MAXIMAL MOVEMENT

•
Point of departure



SPHERE

THE THREE BASIC 'WAYS' AND THEIR RESULTING FORM



No obstante, ya en la Escuela Pitagórica, a mediados del s VI a.C., empleaban guijarros para contar y hacer figuras. Se asignaba uno al punto, dos a la línea, tres a la superficie y cuatro al sólido.

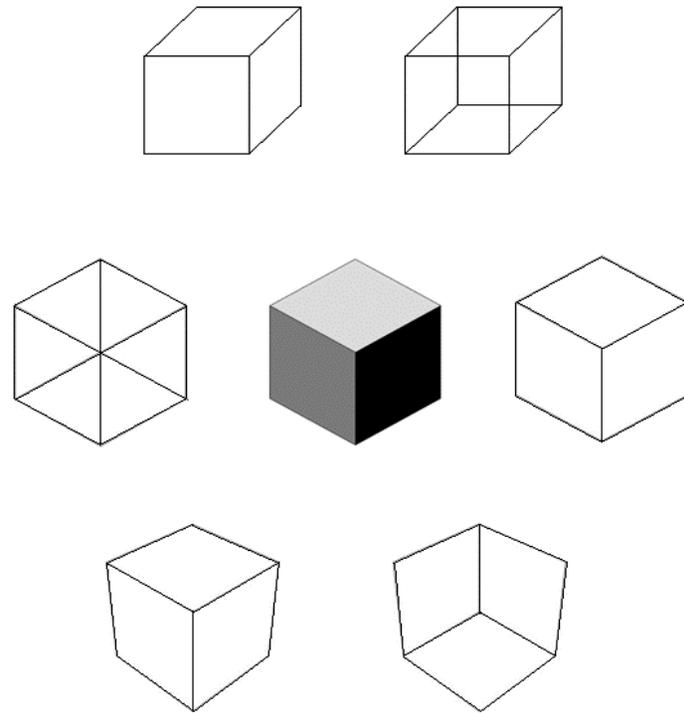
1.2 Desarrollo del cubo

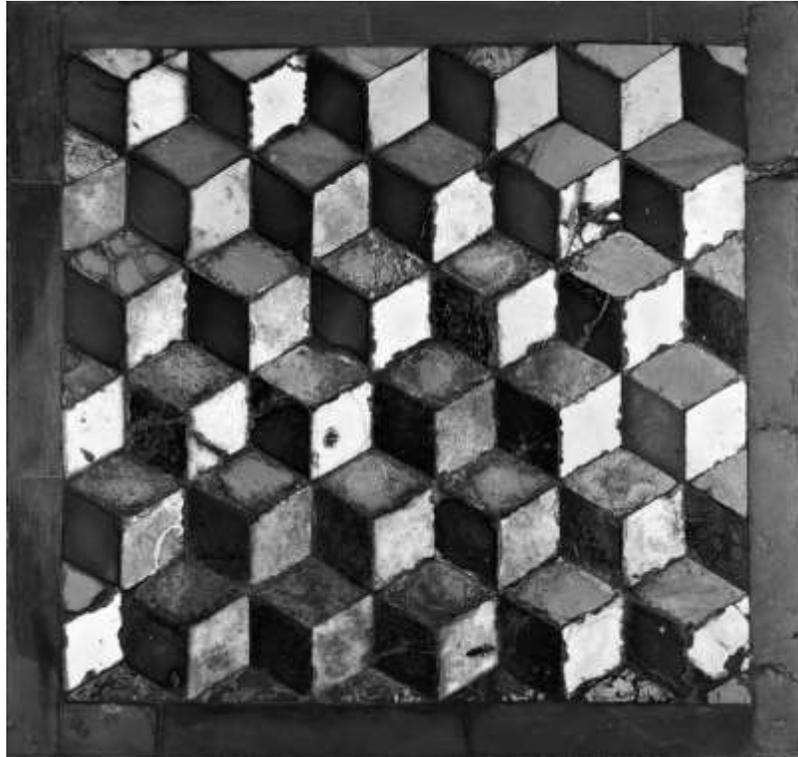
Podemos imaginar que generamos un cubo de la siguiente manera: Tomemos un segmento de línea de una cierta longitud y desplacémoslo una longitud igual en ángulo recto a sí mismo. Tenemos un cuadrado. Desplacemos el cuadrado una longitud igual en ángulos rectos a sí mismos y tendremos un cubo.

Cosmos, Carl Sagan p 264

Podemos dibujar o construir un cubo de varias maneras, ya sea en dos o tres dimensiones. Se percibe de la misma forma, sin embargo, la sensación que produce en el plano y en el espacio es muy distinta, además del material con que se construya. El primer contacto que hacemos con el lápiz sobre el papel es un punto, al mover el lápiz, continuamos con una línea, seguimos con dos líneas perpendiculares y una paralela completando el plano cuadrado; enseguida trazamos otro cuadrado a partir del centro del primero y unimos las esquinas (vértices) de ambos con líneas oblicuas (aristas). El dibujo resultante puede interpretarse como un cubo *vacío*.

Otra manera es proyectar tres aristas oblicuas desde los vértices del cuadrado y terminamos con las aristas posteriores, una paralela y otra perpendicular. El resultado puede interpretarse como un cubo *sólido*. Es interesante notar que la representación del cubo en proyección isométrica muestra un hexágono formado por seis triángulos equiláteros o tres rombos iguales; si a cada rombo asignamos el blanco, gris y negro percibimos el cubo tridimensionalmente por efecto del clarooscuro, no del volumen.





Baldosas, Pompeya, s II a.C. <http://matemolivares.blogia.com/temas/teselaciones-arte-y-ciencia-.php>

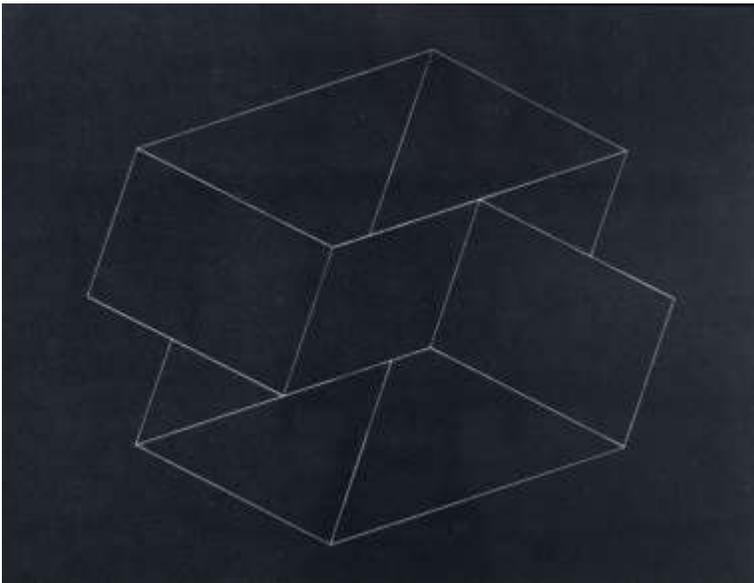
También podemos construirlo con doce palillos o con seis cuadrados de cartón. En el primer caso obtenemos un cubo *vacío*, y en el segundo caso tenemos un cubo, *sólido*⁴. Asimismo, modelarlo con barro o plastilina de manera aditiva o sustractiva y así concebir la solidez de la materia, masa y volumen que lo compone. De otro modo, sí lo construimos con tres cuadrados, vemos el cubo en forma convexa desde el vértice más próximo, y cóncava desde el más lejano.

En la primera vemos las caras exteriores, en la segunda las interiores y de igual manera en proyección cónica sobre el plano. Por otro lado, en el Cubo de Necker, aunque la posición y orientación del cubo es la misma, parece que el de la izquierda está sobre una superficie, donde el plano corresponde a la cara de abajo. Mientras que el de la derecha, pareciera estar sobre el plano posterior. La confusión se genera porque no vemos el plano donde se sitúa el cubo. Esta ambigüedad ha sido estudiada por cristalógrafos como Louis Necker, matemáticos como Roger Penrose y artistas como, Joseph Albers, M. C. Escher y José María Yturralde, entre otros.

⁴ como en las ilustraciones de DaVinci (en p 8, 17, 40) los cubos de LeWitt, y en el Desarrollo del Módulo 53).

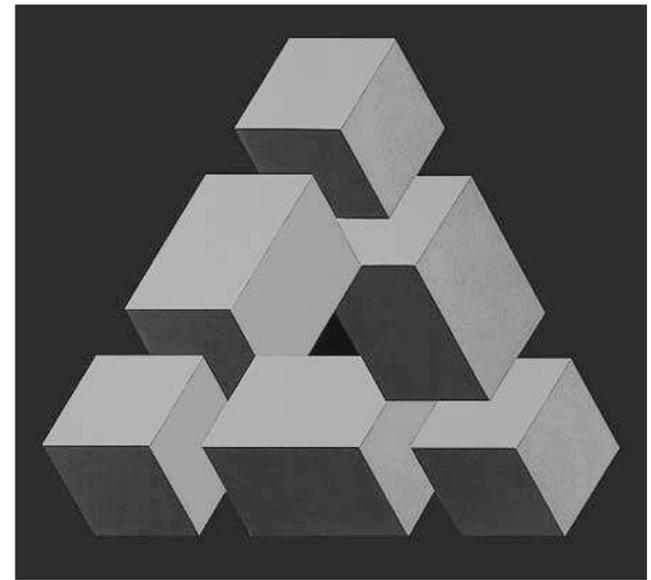


M.C. Escher, *Belvedere* (detalle), 1958. <https://es.wahooart.com/@/5ZKD24-Maurits-Cornelis-Escher-Belvedere--Detalle>



Josef Albers, *constelación estructural*, 1957

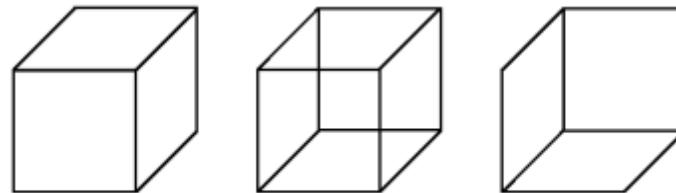
http://68.media.tumblr.com/tumblr_m5s9cl1P5x1ryppnro1_500.jpg



José María Yturralde, *Figura imposible*, 1970.

<http://www.yturralde.org/Paginas/Etapas/et04/et0403-es.html>

En 1832, Necker vio que la perspectiva del cubo cambia espontáneamente; percibimos el cubo tridimensional en el plano bi-dimensional pero no distinguimos con certeza si la cara está al frente o al fondo. Su interpretación es ambigua debido a la falta de referencias sobre su profundidad. Los distintos planos de profundidad pueden intercambiarse sin que la figura plana pierda coherencia en su interpretación tridimensional. Esta "ambigüedad de profundidad en la percepción visual" produce el efecto mental de cambio a voluntad; un cambio entre una interpretación y otra. Sólo se puede observar mentalmente una interpretación en cada instante, y no es posible mezclar ambas interpretaciones. La mente elige una u otra porque ambas existen en el mundo real tridimensional, pero por separado.⁵



Cubo de Necker

⁵ http://www.anarkasis.com/percepcion/0300_profundidad_ambigua/

El filósofo Henri Poincaré define el espacio geométrico y el espacio representativo:⁶

Las imágenes de los objetos exteriores se localizan en el espacio. El espacio geométrico es continuo, infinito, tridimensional, homogéneo e isótropo. por lo tanto, [objetivo]. Mientras que, en el marco de nuestras representaciones, [percepciones] y sensaciones puede llamarse *espacio representativo* [de carácter subjetivo]. En el *espacio visual* la imagen que se genera en la vista y en la mente es ilusorio (y subjetivo). En el espacio geométrico *proyectamos* los objetos de nuestra percepción externa donde los localizamos. Nuestras representaciones sólo son la reproducción de nuestras sensaciones; sólo pueden colocarse en el mismo marco que ellas, es decir en el espacio representativo. El espacio representativo no es más que una imagen del espacio geométrico, imagen deformada por una especie de perspectiva; y no podemos representar los objetos sin someterlos a las leyes de dicha perspectiva. No nos representamos los cuerpos exteriores en el espacio geométrico, pero razonamos sobre ellos como si estuvieran situados en él.

Por otra parte, ¿qué significa localizar un objeto en el espacio? “Nos representamos los movimientos que es preciso hacer para alcanzar ese objeto”; Esto no quiere decir que es necesario proyectarlos en el espacio, y que la noción de espacio debe preexistir, por consiguiente. Nos representamos las sensaciones que no tienen ningún carácter geométrico y que, en consecuencia, no implican en ninguna forma la preexistencia de la noción de espacio.

No obstante, percibimos la tridimensionalidad por nuestra visión estereoscópica.

Las alteraciones en las proyecciones ortogonales y cónicas son las que generan la confusión que afecta la sensación y la percepción visual. De cualquier manera, ya sea en el plano o en el espacio, lo percibimos como cubo, sin embargo, la sensación que produce, varía.

⁶ Poincaré, Henri, Filosofía de la ciencia, selección e introducción de Eli de Gortari, Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Publicaciones, 1964. P129

Algo similar a esta ambigüedad ocurrió durante la construcción de una maqueta. Por un momento, se percibió un módulo de cartón, como si fuera la representación isométrica del cubo sobre el plano. Esta sensación/percepción condujo al análisis geométrico y escultórico del cubo; su comportamiento y transformación del plano al espacio a partir de la idea de su origen y de su forma; donde se encontró analogía entre el punto, la línea y el plano en las figuras bidimensionales con el vértice, la arista y la cara en las formas tridimensionales.

Según el psicólogo Josef Cohen, el estímulo ocasiona la sensación y produce la percepción en el receptor. El estímulo no es el objeto de estímulo, el objeto es el emisor o la fuente. El receptor son los sentidos sensibles al estímulo. La sensación es el efecto entre el estímulo y la percepción. La percepción es la interpretación de la sensación.⁷ Los objetos se perciben como representaciones bidimensionales de acuerdo con su proyección cónica. La percepción visual tiende a la sensación de perspectiva dónde no la hay, el cubo es una proyección isométrica y se percibe inestable o reversible porque se ve alternadamente. El efecto de la luz sobre los objetos establece la pauta de claro oscuro, pero cuando se desconoce la dirección de la luz o la posición del objeto, la percepción y la sensación es ambigua porque se percibe como cóncavo o convexo.⁸

Ahora bien, para el artista Bruno Munari, el ojo de una mosca, un girasol, un cristal de cuarzo, una mazorca de maíz, son formas moduladas a cuatro dimensiones, considerando el tiempo como la cuarta dimensión. La célula que forma el alvéolo en un principio no tiene una base hexagonal, sino una forma cilíndrica; la forma hexagonal nace de la compresión de un gran número de cilindros en un espacio reducido. Así pues, la cuarta dimensión puede ser la transformación de un

⁷ COHEN, Jozef, *Sensación y percepción visuales*; versión en español Francisco González Aramburo, Trillas, México, 1973. pp 8-10

⁸ *Ibidem*, pp 65-67,70

módulo de base redonda en un módulo de base hexagonal. Lo mismo sucede en la transformación de los granos del maíz que asumen una forma aproximada al cubo, en tanto que en el girasol. Las semillas, a causa de una disposición en espiral logarítmica, adquieren una forma romboidal, por lo que podríamos tomar en consideración la curva de crecimiento, y por tanto la variación en la dimensión del módulo.⁹



Girasol, <https://www.britannica.com/plant/sunflower-plant>



ojos de mosca, <https://es.quora.com/Cu%C3%A1ntos-ojos-tiene-una-mosca>

⁹ MUNARI, Bruno, *Diseño y comunicación visual. Contribución a una metodología didáctica*, Gustavo Gili, Barcelona, 1993. p 60



cristal de cuarzo

<https://333eugeniosar.files.wordpress.com/2014/06/cuarzo-cristal.jpg>

<https://www.gettyimages.es/detail/foto/sweet-yellow-corn-on-white-background-imagen-libre-de-derechos/182397999>



mazorca de maíz

Así es como el análisis de la estructura geométrica del cubo, su representación en el plano, construcción en el espacio y la ambigüedad en su percepción y sensación visual en relación con los conceptos sólido-vacío, envolvente-contenido, interior-exterior, cóncavo-convexo, espacio negativo; los podemos observar en los módulos de las esculturas en el capítulo IV.

CAPÍTULO II

El Espacio, el Cubo y la Escultura

*El elemento fundamental del cosmos es el espacio... su naturaleza es el vacío,
por lo que puede contener y abarcarlo todo... el espacio es la precondition de todo lo que existe.*

Lama Anagarika Govinda

El espacio es la arena de todas las interacciones y como tal, es el común denominador de la naturaleza, las matemáticas y el arte [...] La naturaleza se define como relaciones en el espacio, la geometría, aquella parte de las matemáticas que describe las relaciones en el espacio y el arte lo que crea relaciones en el espacio.¹⁰

Poincaré se pregunta sobre la conciencia del sentido del espacio de acuerdo con el principio de la relatividad planteado por Hendrik Antoon Lorentz, previo a Albert Einstein.

“El sentido espacial se reduce a una asociación constante entre ciertas sensaciones y ciertos movimientos, o a la representación de estos movimientos” Poincaré aclara que no entiende “la representación de los movimientos en el espacio, sino

¹⁰ M. Boles y R. Newman, *Universal Patterns, The golden relationship: art, math & nature*, Book 1, Pythagorean Press, Bradford Massachusetts, 1922, p.XVI.

la representación de las sensaciones que los acompañan”.¹¹. “Todo ocurre como si el tiempo fuera una cuarta dimensión del espacio, y el espacio de cuatro dimensiones, resultante de la combinación del espacio ordinario y el tiempo, pudiera girar, no solo alrededor de un eje del espacio ordinario, sino también alrededor de un eje cualquiera. El espacio y el tiempo ya no son dos entes completamente distintos que se pueden examinar separadamente, sino dos partes de un mismo todo, tan estrechamente enlazados que ya no se pueden separar fácilmente”¹²

Por otro lado, el espacio contiene a los objetos, sin embargo, algunos objetos también contienen al espacio, de manera que el espacio puede considerarse, ya sea como continente/envolvente o como contenido. Percibimos la espacialidad en relación con el volumen de los objetos, así como el espacio contenido en ellos. Al desplazarnos en torno al objeto lo relacionamos con el espacio, al movernos notamos el cambio a través del tiempo.

Desde el punto de vista del pensamiento filosófico y científico, se pueden diferenciar tres categorías de espacio, enunciadas por el físico Albert Einstein: La primera es el concepto aristotélico de espacio entendido como *topós* «lugar», que posee cualidades de ordenación e identificable por medio de un nombre concreto. La segunda corresponde al concepto espacio como «contenedor» de la totalidad de los objetos materiales. Este tipo de espacio existe con independencia de los objetos y responde a la idea de espacio absoluto enunciada por el físico Isaac Newton. El tercer concepto responde a la idea de «campo» tetradimensional. Es el espacio relativo sobre el que Einstein enunció su *Teoría de la Relatividad*.

Estos tres conceptos han surgido en diferentes momentos de la historia y coexisten simultáneamente, sin embargo, las categorías de espacio desde la estética, dependen de las condiciones emotivas, existenciales, formales y materiales.¹³

¹¹ Poincaré, Henri, *Filosofía de la ciencia*, selección e introducción de Eli de Gortari, Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Publicaciones, 1964. P108

¹² *ibidem* p121

¹³ MADERUELO, Javier. *La idea de espacio en la arquitectura y el arte contemporáneos 1960-1989*, Akal, Madrid, primera reimpresión, 2010. p13

Por otro lado, el primer texto teórico que alude al espacio como tema en el arte fue en el ensayo: *El problema de la forma*, por el escultor Adolf Hildebrand en 1893 en el que habla sobre la relación del espectador con el objeto por medio del espacio entre ellos. Explica que, al observar a la distancia, los objetos se sitúan en un mismo plano bidimensional, mientras que, en la cercanía, la visión estereoscópica percibe la tridimensionalidad del espacio¹⁴, donde el espectador pasa de la sensación perceptiva a la interpretación intelectual.

El espacio como cualidad artística determinó las definiciones de escultura y arquitectura en su relación con él. De acuerdo con el historiador y arquitecto Albert E. Brinckmann, menciona en su libro, *Plazas y Monumentos*, (1908) “la escultura crea superficies que están en el espacio; la arquitectura es el arte de las superficies alrededor del espacio”. Ahora bien, desde el punto de vista de Moholy-Nagy, las artes se distinguen según sus cualidades espaciales, asignando el plano a la pintura, la masa a la escultura y el espacio a la arquitectura, donde la escultura produce masas convexas, la arquitectura genera volúmenes cóncavos¹⁵, Moholy-Nagy también distingue el concepto de volumen positivo y negativo en la transición del bloque al modelado en la escultura¹⁶. Por otro lado, con la publicación en 1905, de la *Teoría de la Relatividad* de Einstein, se transformaron los conceptos sobre espacio y tiempo. Einstein planteó, más allá de los postulados de Euclides, que hay n dimensiones y que el espacio y el tiempo no son valores absolutos sino relativos. Un año después, Pablo Picasso pinta *Les Femmes d'Alger (O. J. R. M.)*. Esta obra marca el inicio del Cubismo en el que la perspectiva presenta los objetos desde diferentes puntos de vista, dando origen a la visión simultánea de arriba, de frente y de perfil en una descomposición de planos que el espectador reconstruye en la mente¹⁷.

¹⁴ ibidem p26

¹⁵ ibidem p31

¹⁶ POPPER, Frank *Origins and development of kinetic art / translated from the french by Sopen barn*, Studio Vista, London, 1968. p85

¹⁷ MADERUELO, Javier. *La idea de espacio en la arquitectura y el arte contemporáneos 1960-1989*, Akal, Madrid, primera reimpresión, 2010. p13 p34-5



Pablo Picasso, *Les Femmes d'Alger (O. J. R. Version O)*, 1907.¹⁸

¹⁸ <https://arttodaymagazine.objects.frb.io/assets/uploads/2016/08/25231456/Les-Femmes-dAlger-Pablo-Picasso-c-1907.2.jpg>

El poeta Guillaume Apollinaire en *Meditaciones estéticas, Los pintores cubistas* 1913 escribió:

Los pintores nuevos no se han planteado ser geómetras, como tampoco lo hicieron sus antecesores. Pero puede decirse que la geometría es a las artes plásticas lo que la gramática es al arte del escritor. Así pues, hoy, los sabios no se limitan a las tres dimensiones de la geometría euclidiana. Los pintores se han visto conducidos natural y, por así decirlo, intuitivamente, a preocuparse por las nuevas medidas posibles de la extensión que en el lenguaje de los talleres modernos se designan con el término de cuarta dimensión.

Tal y como se presenta en la mente, desde un punto de vista plástico, la cuarta dimensión estaría engendrada por las tres medidas conocidas: configura la inmensidad del espacio eternizándose en todas direcciones en un momento determinado. Es el espacio mismo, la dimensión del infinito; es la que dota a los objetos de plasticidad¹⁹.

Así es como la experimentación, al descomponer las figuras en planos, iniciados por el cubismo, y la inclusión del movimiento y la velocidad del futurismo influirán en Rusia para desarrollar el «cubofuturismo», y a su vez generar el «constructivismo», con variantes como el «utilitarismo» de Tatlin o el «realismo» de Naum Gabo y Antoine Pevsner. Los constructivistas se caracterizan por rechazar la representación a favor de la abstracción, especialmente al modificar el procedimiento al *construir* en lugar de *esculpir* o *modelar* de acuerdo con la forma, la masa y el volumen; de tal manera que la forma pierde su importancia ya que puede ser mutable, como reclaman los futuristas, al igual que los materiales, que son simples medios, tampoco las figuras erradicadas por la abstracción. La importancia está en el espacio y el tiempo²⁰.

¹⁹ íbidem p37

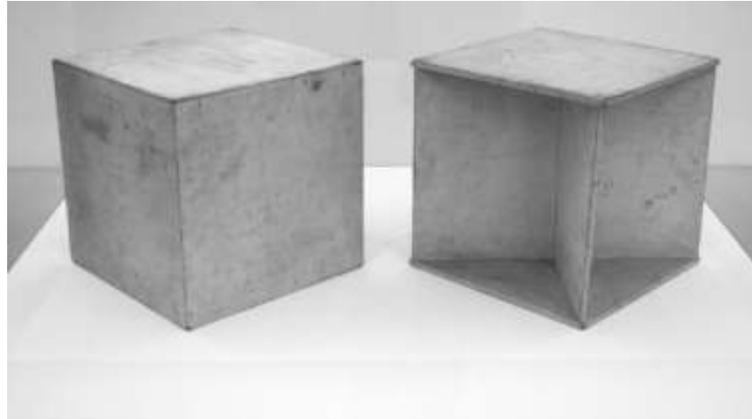
²⁰ íbidem p45

2.1 El Cubo en la Escultura Moderna

Aquí se aborda el cubo como la forma/objeto en el desarrollo de la escultura a partir de Gabo, Jorge de Oteiza, los escultores minimalistas y postminimalistas. Gabo encontró en el cubo la explicación para distinguir la diferencia entre *masa* y *volumen* en la escultura. En su *Manifiesto realista*, Gabo y Pevsner rechazan el cubismo por quedarse en el simple análisis, y del futurismo por imitar «el reflejo óptico» *El espacio y el tiempo han nacido hoy para nosotros... El espacio y el tiempo son las únicas formas sobre las que se construye la vida, y, por lo tanto, sobre las que se debe construir el arte...* En 1937, Gabo explica, *La profundidad es la forma del espacio*, en su texto: *Escultura: tallar y construir en el espacio*:

Como se aprecia, los dos cubos muestran la diferencia fundamental entre los dos tipos de representación del mismo objeto, uno correspondiente a la talla y otro a la construcción. Lo que principalmente les distingue se encuentra en los diferentes métodos de ejecución y en los diferentes centros de interés. El primero representa el volumen de una masa; el segundo, el espacio en que la masa existe como hecho visible. Los volúmenes de la masa y del espacio no son escultóricamente la misma cosa. Sin duda, se trata de dos materiales distintos. Debe quedar claro que yo no utilizo esos dos términos en su profundo sentido filosófico. Quiero decir dos cosas concretas con las que entramos en contacto cada día. Dos cosas obvias, masa y espacio, ambas concretas y mensurables. Hasta ahora, los escultores han preferido la masa y dejado aparte o prestado poca atención a un componente tan importante de la masa como es el espacio. Éste les ha interesado sólo como un lugar en el que los volúmenes pueden ser situados o proyectados. Tenía que rodear la masa. Nosotros consideramos al espacio desde un punto de vista totalmente distinto. Lo consideramos como un elemento escultórico absoluto, liberado de todo volumen cerrado, y lo representamos desde su interior, con sus propiedades específicas²¹.

²¹ *ibidem* p45-7



Gabo, *estereometría*, 1937, I volumen de la masa, II volumen del espacio²²

Desde el punto de vista de la crítica de arte, Rosalind Krauss, Gabo analizó la materia construyendo el objeto a partir de la intersección de planos para revelar la estructura de la obra, designando, los objetos y sus ideas estéticas como “constructivistas”, aunque a principios de los años veinte el término “constructivismo” se identificaba con Vladimir Tatlin. Sin embargo, la construcción del objeto tendía hacia una geometría inmediata y legible.

A este principio constructivo lo llamó “estereometría”, en su forma más simple, el concepto lo expuso en un diagrama junto con un artículo que explicaba el fundamento del método constructivista. El diagrama muestra dos cubos en paralelo. El “Cubo I” es un sólido que muestra una visión parcial de sí mismo. Como está cerrado, sólo vemos tres de sus lados. El “Cubo II” ha suprimido las cuatro caras laterales y en su lugar dos planos diagonales atraviesan el interior de la forma hasta cortarse perpendicularmente en su mismo centro. Estos dos planos estructuran el volumen cúbico y sostienen los planos

²² <https://pedroconstructivismo.tumblr.com/post/87868499378/naum-gabo-objetos-de-escultura-tela-y>

superior e inferior del objeto, lo que permite visualizar al interior de la forma. Lo que revelaba este segundo cubo abierto no era meramente el espacio habitualmente oculto en los volúmenes cerrados, sino el núcleo del objeto geométrico expuesto tan explícitamente como el mismo principio de intersección y que permitía comprender la figura de un modo muy parecido a cómo un teorema geométrico aísla y hace asequibles proposiciones esenciales sobre los objetos sólidos. Gabo empleó este dispositivo estereométrico desde 1915 en esculturas figurativas en cartón y madera. Los perfiles apuntaban a la exposición de los entrecruzamientos de formas tridimensionales en el interior o núcleo estructural de un volumen normalmente cerrado hacia la penetración conceptual de la forma²³.

²³ KRAUSS, Rosalind E., *Pasajes de la escultura moderna*; traducción Alfredo Brotons Muñoz, Akal, Madrid, c2002. P65-67



Gabo, Cabeza No II, 1916.

<https://www.wikiart.org/es/naum-gabo/head-no-2-1916>

Es importante señalar que, en 1958, el escultor Jorge de Oteiza, con su escultura, *Caja Vacía*, plantea los problemas del volumen, color, textura, proporciones, efectos ópticos, orden geométrico, percepción y materialidad del cubo²⁴, que más tarde, en los sesenta abordarán los escultores minimalistas en su obra.



Jorge de Oteiza, *Caja Vacía*, 1958. <https://www.museoreinasofia.es/coleccion/obra/caja-vacia>

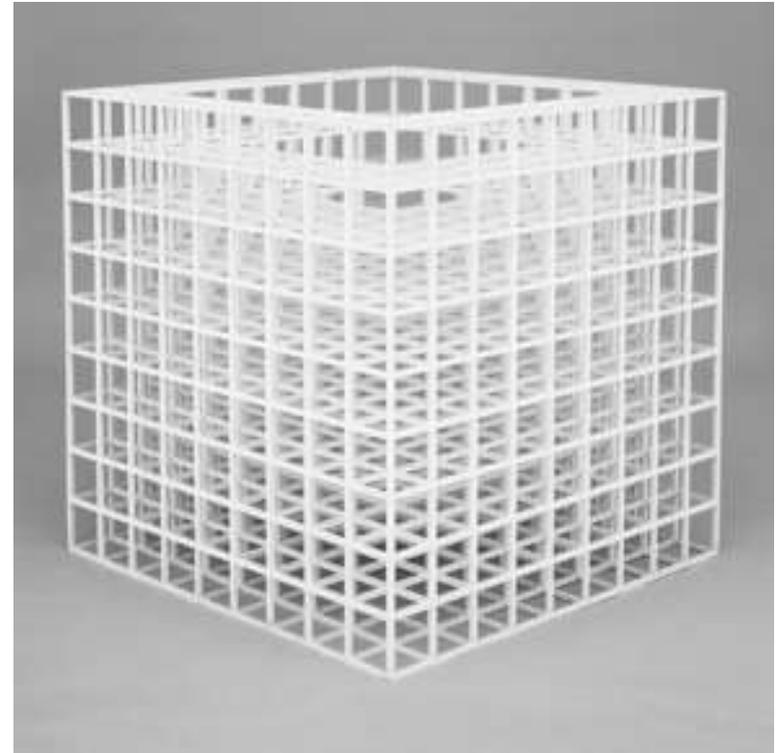
²⁴ Íbidem p123

Más tarde, los escultores minimalistas como Tony Smith, quien mencionó que no hizo más grande su cubo, (*Die*, 1962), porque no quería que surgiese por encima del espectador como si fuera un monumento; ni más pequeño porque no quería que el espectador lo viera como un objeto²⁵. El volumen [sólido], se presenta como impenetrable, mientras que el de LeWitt está formado por las aristas que divide el espacio interior mostrando los límites espaciales de su volumen²⁶. Esto es similar al tema de los sub-módulos que se describen en el capítulo IV.

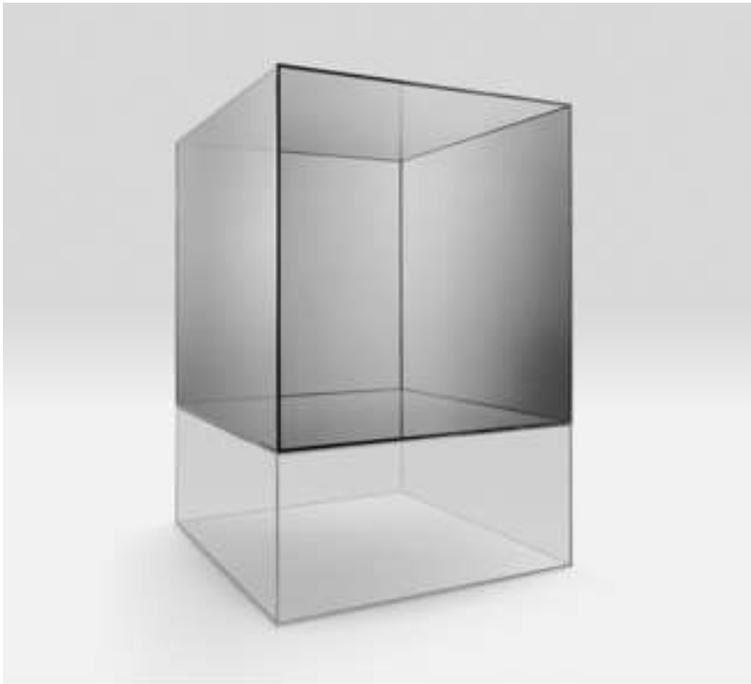
Carl Andre reduce el cubo al plano con una serie de placas de metal, también a modo de supermódulo. En su ensayo *Objetos específicos*, Judd plantea que “las tres dimensiones son el espacio real, el espacio real es más específico que el espacio representado; nada de ilusiones, nada de alusiones”. La repetición sistemática de un mismo volumen presentado solo o en serie, demuestra que la importancia de la obra no reside en la contemplación del objeto considerado aisladamente, sino en el proceso de transformación de la forma y en sus posibles combinaciones, donde es más importante el espacio interior y exterior que la propia obra.

²⁵ Íbidem p 89

²⁶ Íbidem p124



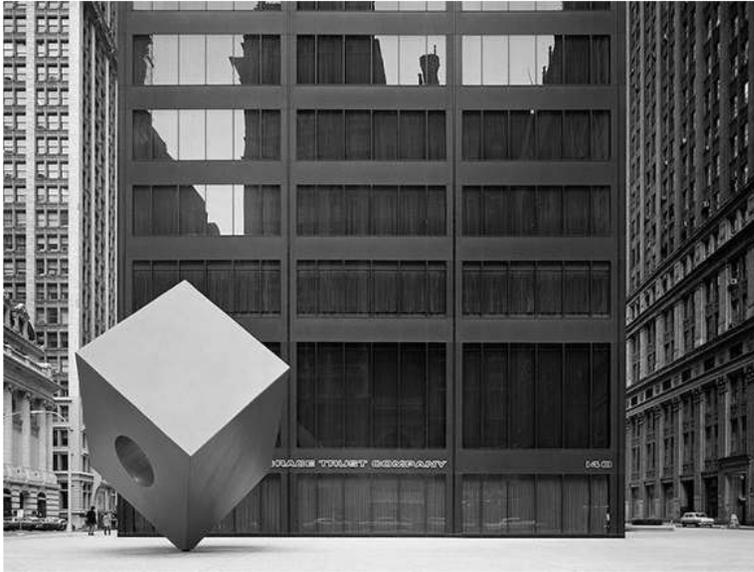
Tony Smith, *Die*, 1962. <https://blog.sevenponds.com/wp-content/uploads/2013/08/die-tony-smith.jpg>
Sol LeWitt, *Estructuras*, 1962. <http://museums.fivecolleges.edu/browser.php?m=objects&kv=1338&i=3305553>
Carl Andre, s.t. 1969. <https://www.tate.org.uk/art/artworks/andre-144-magnesium-square-t01767>



Larry Bell, s/t, 1969. <https://www.tate.org.uk/art/art-terms/m/minimalism>



Robert Morris, s/t, 1965. <https://www.tate.org.uk/art/art-terms/m/minimalism>



Isamu Noguchi, *Red Cube*, 1968.

<http://ummhello.tumblr.com/post/31944763249>
http://www.saatchigallery.com/aipe/imgs/serra/CS03_0017_Serra_1tonProp_OH_GCR.jpg



Richard Serra, *One Ton Prop (House of Cards)*, 1969.

El cubo de Larry Bell es transparente, se ve no sólo el interior, sino que también se ve el cubo reflejado en las caras del mismo, creando un efecto múltiple dentro de la misma forma, mientras que los de Morris son espejos que se reflejan unos a otros. Finalmente, se incluye la obra de Isamu Noguchi y de Richard Serra como los escultores postminimalistas que también utilizaron el cubo como forma escultórica.

De este modo, el cubo como cuerpo geométrico y escultórico en su relación con el espacio y con el tiempo, en el caso de la animación de esta tesis, ha tenido y continúa siendo el objeto estético en su forma escultórica que permite percibirlo e interpretarlo de múltiples maneras.

Capítulo III

Antecedentes, Influencias y Similitudes

3.1 Arte Cinético

El tiempo y el espacio están limitados por el movimiento...Nada está aislado ni es independiente del todo; en línea, en plano, en volumen, o en color.

Auguste Herbin

Podemos decir que el Arte Cinético surge a partir del constructivismo ruso, de las propuestas del Futurismo y de las especulaciones de Marcel Duchamp en torno a los problemas de la representación. Con ello los artistas cinéticos plantean estructuras con una relación dinámica entre la materia y el espacio, donde el tiempo real integra la totalidad de la obra. Para lograr que la escultura tenga movimiento se renuncia al concepto escultórico tradicional. El movimiento de la forma en el espacio genera un volumen virtual que produce la imagen escultórica. Anteriormente la escultura articulaba el volumen para sugerir la idea de movimiento, ahora es el movimiento *real* lo que permite percibir el volumen. El tiempo en el que se desarrolla el movimiento es lo fundamental en la obra.²⁷

Desde la opinión de Elena de Bértola, “la obra cinética es un objeto en el cual el movimiento no está representado sino, presente en su realidad concreta. La obra cinética no muestra entonces una imagen del movimiento, sino que ella

²⁷ POPPER, Frank *Origins and development of kinetic art* / translated from the french by Sophen barn, Studio Vista, London, 1968. p85

misma es movimiento”.²⁸ Ya los Futuristas identificaron el movimiento físico como el principal elemento de la nueva estética. En el *Manifiesto técnico de la escultura futurista*, 1913, Umberto Boccioni escribió:

En la escultura como en la pintura, no es posible renovar nada sin buscar el *estilo de movimiento*... una composición escultórica futurista usará planos de metal o de madera para un objeto estático o movido mecánicamente.²⁹

Las obras y los manifiestos constructivistas proclamaron el “supremo valor del movimiento”. La contundencia del material se transformó por medio de la luz y el movimiento, convirtiéndose así en el elemento plástico. Por su parte, el escultor Georges Vantongerloo contribuyó con el desarrollo de nuevas posibilidades plásticas al abordar el problema del espacio y el movimiento. En 1918 planteó una nueva configuración de los elementos en el espacio, basada en coordenadas matemáticas³⁰. Por otro lado, Max Bill aplicó fórmulas matemáticas con el fin de proporcionar una base constructiva para permitir que el movimiento, como elemento, se proyecte más allá de las formas establecidas. La relación entre el tiempo y el movimiento, más la noción de progresión, como factor de movimiento en función con el orden, la repetición, la combinación y la permutación.³¹ Mientras que Marcel Duchamp anticipa, con su *ready-made*, *Roue de bicyclette*, 1913. Con este simple uso del movimiento desmitifica el arte y lo despoja de su cualidad material. La obra de Duchamp, más allá del arte cinético, junto con la de los escultores Naum Gabo y László Moholy-Nagy, participan en la historia de la integración del movimiento real.³²

²⁸ BERTOLA, Elena de, *El arte cinético: El movimiento y la transformación: análisis perceptivo y funcional*, Nueva visión, Buenos Aires, 1973 p 21

²⁹ CHIPP, Herschel B, *Teorías del arte contemporáneo, Fuentes artísticas y opiniones críticas*, Akal, Madrid, 1995, p 325

³⁰ En esta idea y en la de Max Bill, se basa la animación de las esculturas que se describe en el capítulo IV p81

³¹ POPPER, Frank *Origins and development of kinetic art / translated from the french by Sophen barn*, Studio Vista, London, 1968. p86

³² *ibidem* pp123-24



Marcel Duchamp, *Rueda de bicicleta*, 1913. <https://www.theloancompanies.com/blog/words-of-wisdom-from-marcel-duchamp/>

Fue entonces cuando en 1920 Gabo y Antoine Pevsner, en su *Manifiesto realista*, plantean:

Sabemos que cada objeto tiene su propia imagen esencial; sillas, mesas, lámparas, teléfonos, libros, casas, hombres... cada uno de ellos es un mundo en sí mismo, con su propio ritmo y sus órbitas... En lugar de los ritmos estáticos en las artes plásticas... nos anuncian la existencia de un nuevo elemento, el ritmo cinético, que ha de ser la base de una nueva percepción del tiempo real... Con técnicas constructivistas que hoy somos capaces de sacar a la luz las fuerzas ocultas de la naturaleza y darse cuenta de los acontecimientos psíquicos.³³

El espacio y el tiempo han renacido hoy para nosotros. El espacio y el tiempo son las únicas formas sobre las que se construye la visa, y, por lo tanto, sobre las que debe ser construido el arte... 4 *Renunciamos, en la escultura, a la masa como elemento escultórico... Devolvemos así a la escultura la línea como una dirección, con lo que afirmamos que la profundidad es la forma del espacio.* 5 *Renunciamos a ese engaño milenario que sostiene que en el arte los ritmos estáticos son o únicos elementos plástico. Afirmamos que en esas artes hay un elemento nuevo, los ritmos cinéticos, como formas básicas de nuestra percepción del tiempo real.*³⁴

Volumen virtual, (1920) es una tira de acero, unido a la base de un motor eléctrico en vibración rítmica. *Intervalo de vibración*, tiene la idea de producir el efecto espacial de *Volumen virtual*, sin embargo, abandona el proyecto porque considera al motor un estorbo y argumentó que “*el desarrollo tecnológico tendría una mejor solución en el futuro*”. Esta obra fue la presentación del “*tiempo como nuevo elemento de las artes plásticas.*” En su ensayo de 1937, *Escultura: tallar y construir en el espacio*, Gabo explica por qué no continuó con obras cinéticas motorizadas:

³³ ibidem p124

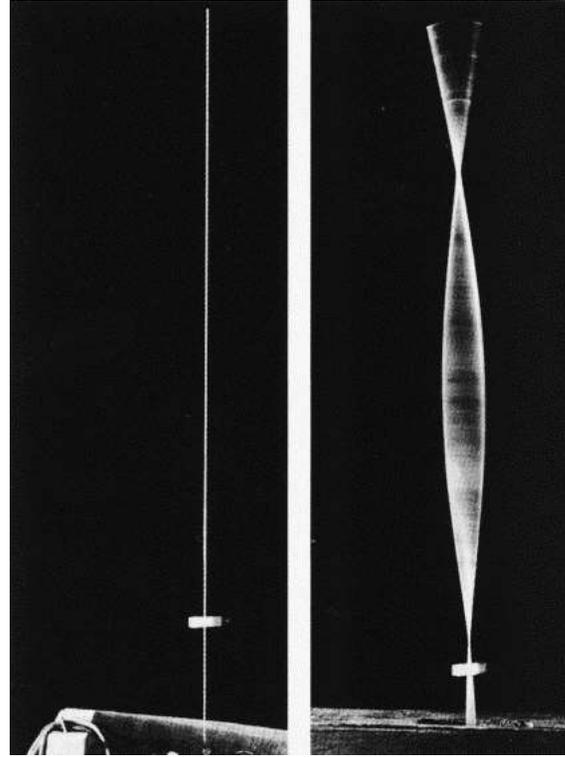
³⁴ CHIPP, Herschel B, *Teorías del arte contemporáneo, Fuentes artísticas y opiniones críticas*, Akal, Madrid, 1995, p 353,4

Los mecanismos no han alcanzado la etapa de absoluta perfección donde se pueda producir auténtico movimiento en una obra escultórica sin ultimar, por medio de las partes mecánicas, la pureza del contenido escultural porque lo importante es el movimiento y no el mecanismo que lo produce. La solución a este problema se convierte en la tarea para las siguientes generaciones.³⁵

La escultura constructiva no solamente es tridimensional, es tetradimensional, en la medida en la que intentamos introducir el elemento del tiempo en ella. Cuando digo tiempo, quiero decir movimiento. Ritmo: tanto el movimiento real como el aparente, al que se percibe mediante el flujo de líneas y formas en la escultura y la pintura. En mi opinión, el ritmo en una obra de arte es tan importante como el espacio, la estructura y la imagen.³⁶

³⁵ Íbidem, p 360

³⁶ STANGOS, Nikos, *Conceptos de arte moderno*, Alianza editorial, Madrid, 1986, p177



Naum Gabo, Construcción cinética, 1920.

<https://www.tate.org.uk/art/artworks/gabo-kinetic-construction-standing-wave-t00827>

Ese mismo año, el artista Vladimir Tatlin con su proyecto *Monumento a la Tercera Internacional*, (1920), plantea una obra con diferentes tipos de movimiento.³⁷



Vladimir Tatlin, Monumento a la tercera Internacional, 1920. <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/a3/52/ca/a352ca6e0d7d6054bdfbffe851d1faa.jpg>

³⁷ POPPER, Frank, *Origins and development of kinetic art* / translated from the french by Sopen barn, Studio Vista, London, 1968 pp123-25

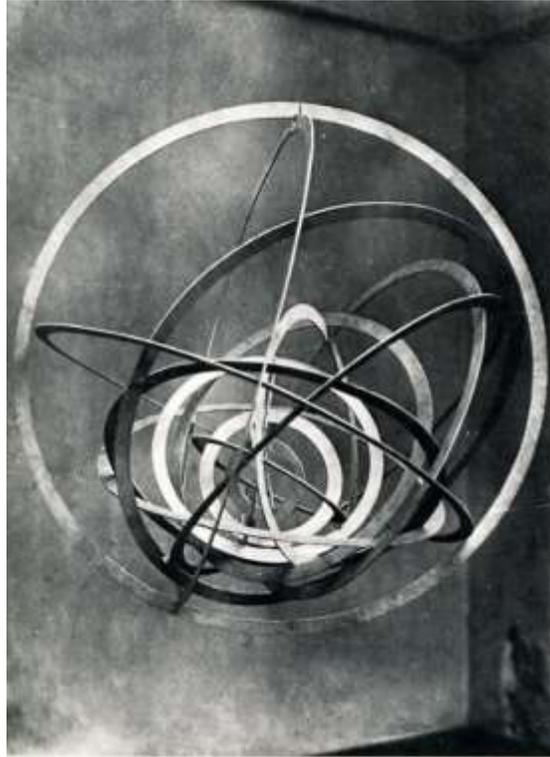
Su inclinación es el mismo ángulo del eje terrestre, conteniendo en su interior cuatro estructuras de vidrio: un cubo, una pirámide, un cilindro y media esfera, los cuales rotarían a distintas velocidades. El cubo completaría su giro en un año; la pirámide en un mes, el cilindro en un día y la media esfera en una hora.

Moholy-Nagy, también se interesó en la interacción del espectador con su sistema. El procedimiento empieza con la creación de dispositivos experimentales que pondrían a prueba la relación entre el hombre, los materiales, las fuerzas y el espacio. Moholy-Nagy comenzó su investigación con luz, espacio y movimiento, *Lichtrequisit*, 1930.



László Moholy-Nagy, *Licht Raum Modulator*, 1930. <https://www.pinterest.co.kr/pin/271060471306439078/>

Otra propuesta de movimiento sin mecanismos muy interesante la podemos encontrar en *Construcción suspendida* de Alexander Rodchenko de 1920.



Alexander Rodchenko, *Construcción suspendida*, 1920 <http://hkartadvisory.com/art/artist/alexander-rodchenko/alexanderrodchenko3jpg>

Más tarde con los móviles de Alexander Calder hacia 1932, al colgar esculturas del techo producían movimiento al tacto o por las corrientes de aire. Su interés por el movimiento inicia con *Circus* de 1926 que presentó en París, Calder renunció a lo representacional y adoptó formas geométricas y colores primarios.³⁸



Alexander Calder, *Sin título*, 1951. <http://www.calder.org/work/by-category/hanging-mobile>

Para finalizar, podemos decir que en las ideas y conceptos sobre el movimiento, el tiempo y el espacio planteados por los artistas mencionados, se encuentra una relación con la propuesta de animación digital que se describe en el capítulo IV: *Descripción del proceso digital*. En el siguiente capítulo se describe el nexos de la propuesta con el *Minimal Art* y la Escultura en México.

³⁸ ibidem p146

3.2 Minimal Art

A continuación, se presentan las opiniones del crítico de arte Kenneth Baker, quien señala que a principios de los años sesenta surge el minimalismo donde la escultura se caracteriza por las obras de varios autores como Robert Morris, quien considera el objeto escultórico como el medio que sugiere la experiencia específica al espectador que origina la idea.³⁹ Normalmente, una idea no es más que el bosquejo del objeto, a Morris le interesa investigar los factores perceptuales y situacionales en la visión.

Muchas de las primeras piezas de Morris recurren a Duchamp, pues tratan irónicamente las relaciones ambiguas entre una obra de arte y la idea “detrás” de ella. En particular su primera escultura: *Caja con el sonido de su construcción*, 1961. Una caja de madera en cuyo interior se escucha la grabación del serrucho y martillo durante su construcción. Es así como los escultores minimalistas tratan de llevar su obra más allá de la dicotomía entre representación y abstracción.⁴⁰

La obra de Carl Andre se caracteriza por un sistema modular, cuyo arreglo⁴¹ de las unidades designadas sobre una cuadrícula y el uso de significados aritméticos simples. La palabra “arreglo” es preferible a la de “composición,” generalmente significa el ajuste de las partes como tamaño, forma, color, o colocación para llegar al término de la obra,

³⁹ BAKER, Kenneth, *Minimalism: art of circumstance*, Abbeville, New York, c1988.

⁴⁰ ibidem p 67

⁴¹ En un sentido similar, las combinaciones modulares de *Espacio y Volumen* parten del “arreglo” de un módulo con cuatro rectángulos, mismo que a su vez se repite y combina para darle forma a una escultura como la suma de las partes.

cuya naturaleza exacta no se conoce de antemano. El “arreglo” implica la naturaleza fija de las partes junto con la noción del todo.⁴²

Las esculturas del *minimal* están dispuestas para articular la estructura y para definir la forma con volúmenes simples, con la idea de crear una forma no referencial que exista aislada en su propio espacio para establecer la repetición rítmica de los elementos escultóricos. Sol LeWitt secciona y contiene el espacio convirtiéndolo en una masa de aire, como sólidos negativos, en lugar de perforar y cortar el espacio como en la talla y el modelado tradicional que parten de la masa para configurar la forma escultórica⁴³. Por otro lado, LeWitt desarrolló ciento veintidós cubos diferentes a los que le faltan algunas aristas, Por lo tanto, con el experimento del psicólogo Kurt Koffka, quien, a partir del Cubo de Necker⁴⁴, muestra las

⁴² *Minimal art: a critical anthology*, edited by Gregory Battcock; introduction by Anne M. Wagner, University of California Press, Berkeley. 1995. p94

⁴³ *Ibidem* p309

⁴⁴ Ver nota 57

cualidades de una *Gestalt*⁴⁵ en la que la mente puede reconstruir la ausencia, muestra que es posible completar una imagen ideal que ordena el objeto real incompleto⁴⁶. Frente a una obra de LeWitt, Jean-François Pirson escribió:

Por su sistema de fabricación y por su dimensión, el cubo actúa como un espejo. No se sitúa en el centro de un espacio o de una mirada sino que deviene de uno de los elementos de la relación establecida entre el objeto, el espacio y el espectador. Remite al espectador así mismo, es decir, a su desplazamiento ante el objeto sobre el que resbala la mirada, no es solamente una experiencia de espacio, sino que se convierte también en una experiencia de tiempo⁴⁷. [relación sujeto-objeto-movimiento-espacio-tiempo(p113)]

La crítica, Claire Stoulling considera que la obra no se completa hasta recorrerla y menciona que para LeWitt, la noción de volumen es «*espacio interior* que evoluciona y se modifica en función del desplazamiento del observador, *espacio exterior* que se despliega alrededor de la obra en función del recorrido del observador de la pieza»⁴⁸

⁴⁵ La psicología de la Gestalt (también psicología de la forma o psicología de la configuración) es una corriente de la psicología moderna, surgida en Alemania a principios del siglo XX, cuyos exponentes más reconocidos fueron los teóricos Max Wertheimer, Wolfgang Köhler, Kurt Koffka y Kurt Lewin.

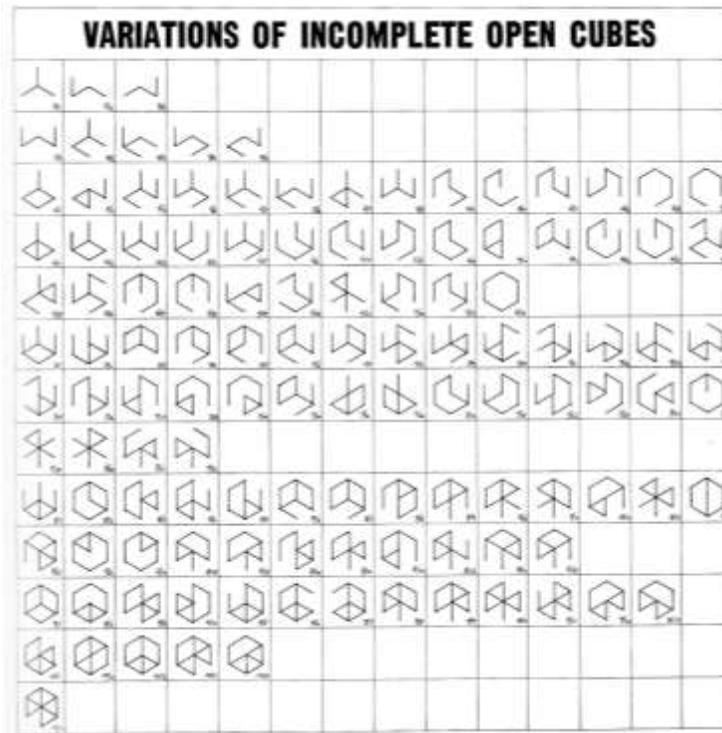
El término Gestalt proviene del alemán, fue introducido por primera vez por Christian von Ehrenfels y puede traducirse, aquí, como "forma", "figura", "configuración", "estructura" o "creación".1

La mente configura, a través de ciertos principios descubiertos precisamente por esta corriente, los elementos que llegan a ella a través de los canales sensoriales (percepción) o de la memoria (pensamiento, inteligencia y resolución de problemas). En la experiencia que tiene el individuo en su interacción con el medio ambiente, esta configuración tiene un carácter primario por sobre los elementos que la conforman, y la suma de estos últimos por sí solos no podría generar, por tanto, por sí sola a la comprensión del funcionamiento mental. Este planteamiento se ilustra con el axioma que indica: El todo es mayor que la suma de las partes. Con él se ha identificado con mayor frecuencia a esta escuela psicológica. El axioma pretende explicar que la organización básica de cuanto percibimos está en relación con una figura en la que nos concentramos, que a su vez es parte de un fondo más amplio, donde hay otras formas. En otras palabras, todo lo percibido es mucho más que información llegada a los sentidos. En la década de 1930, se generalizaron las críticas a las afirmaciones de la Gestalt, y entre tales críticas destaca sobre todo la realizada por la llamada psicología de la Ganzheit, encabezada por Felix Krueger. https://es.wikipedia.org/wiki/Psicolog%C3%ADa_de_la_Gestalt

⁴⁶ MADERUELO, Javier. *La idea de espacio en la arquitectura y el arte contemporáneos 1960-1989*, Akal, Madrid, primera reimpresión, 2010. p131

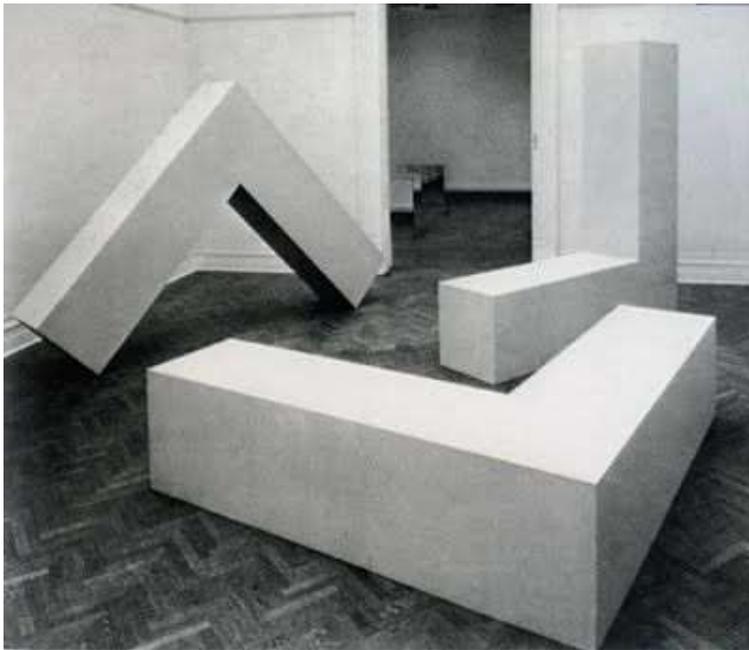
⁴⁷ Íbidem p131

⁴⁸ Íbidem p132



Dibujos esquemáticos para cubos abiertos incompletos, 1974. <http://socks-studio.com/img/blog/le-witt-incomplete-open-cubes-01.jpg>

En la obra de LeWitt se identifican los aspectos formales y conceptuales sobre el espacio exterior o envolvente, espacio interior o contenido, volúmenes virtuales, submódulos y supermódulo que se abordan en el apartado *El cubo en la escultura moderna*. (p43)



Robert Morris, *L Beams*, 1964. <http://lines-between.com/robert-morris/>



Donald Judd, *Primary structures*, 1966. <https://juddfoundation.org/index-of-works/>

Morris y Donald Judd construyen sólidos geométricos simples o repiten unidades idénticas en arreglos simétricos. Por su parte, Judd pretende crear esculturas que “se vean al mismo tiempo, no parte por parte”. Morris también trata de efectuar una aprehensión total del volumen, para hacer que su *Gestalt* sea inmediatamente aparente.

Por otro lado, las piezas de gran tamaño eliminan el pedestal⁴⁹ ya que únicamente sirve para cargar las piezas y carece de significado escultórico. La manera en que las piezas se unen al piso sugiere la idea de que lógicamente el suelo es la base. Como diría Morris: *El plano del piso es el soporte necesario para la mayor percepción del objeto.*⁵⁰

Además de su obra escultórica, Judd, Morris y LeWitt, publicaron ensayos sobre el espacio, la escala, composición y la percepción: *Objetos Específicos*, de Judd (*Arts Yearbook* 8, 1965). Trata sobre el tamaño, el énfasis en los materiales y el sentido de la estructura; *Notas sobre Escultura* de Morris, (*Art Forum* 1966, la primera parte en febrero y la segunda en octubre) plantea que los constructivistas liberaron la escultura de la representación y la establecieron como forma autónoma, así como sobre la relación con el espacio, la luz y el campo visual del espectador. *Párrafos sobre arte conceptual* de LeWitt, (*Art Forum* jun. 1967), señala que la obra está abierta a la percepción del otro, incluyendo al artista, así como la comprensión objetiva de la idea y simultáneamente su interpretación subjetiva.

En su análisis sobre la escultura del siglo XX, Krauss opina que la escultura moderna se caracteriza por la relación temporal con la disposición de la forma, de modo que la escultura expresa el balance entre lo estático y lo dinámico; la

⁴⁹ El pedestal como base o soporte para la presentación o percepción en la propuesta de animación digital no es necesaria, se anula porque en el espacio virtual la escultura está en movimiento (el problema de la base) p58

⁵⁰ Minimal art: a critical anthology, editado por Gregory Battcock; introducción de Anne M. Wagner, University of California Press, Berkeley. 1995, pp 312-6

reproducción del movimiento y el movimiento mismo.⁵¹ Por otro lado, la propuesta estética de los minimalistas también se caracteriza por el empleo de un objeto encontrado, cuya estructura brinda la posibilidad de repetición.⁵² Otro rasgo característico de la escultura del siglo XX, es su rechazo a la representación figurativa al abordar las relaciones formales y abstractas del objeto escultórico.⁵³

Por su parte, Lucy R. Lippard, también crítica de arte, señala que en los años sesenta, el proceso creativo se convirtió en una actividad mental a diferencia del pasado, que se caracterizaba por la intuición y la emoción. La mayoría de las piezas se diseñan en el estudio y se ejecutan en un taller especializado; el objeto como tal es el producto final pues ya no importa el desarrollo de la obra. Con ello se produjo la desmaterialización del arte; este cambio estructural que conduce, por un lado, al arte como acción donde la materia es energía y movimiento en el tiempo, y por otro lado, al arte como idea, donde se niega la materia ya que se establece que la emoción ahora es la idea.⁵⁴

Es así como la escultura en el Arte Cinético y en el *Minimal art*, a lo largo del siglo XX aborda los elementos formales, conceptuales y materiales en relación con el tiempo, espacio y movimiento; así como la síntesis del volumen, la forma, su repetición serial y sus relaciones estructurales. Además, rechaza la representación figurativa a favor de la abstracción, al extremo de negar la materialización del objeto escultórico. Si la escultura rechazó la representación figurativa, como consecuencia, la desmaterialización rechaza al objeto y sobrevalora la idea.

⁵¹ KRAUSS, Rosalind E., *Pasajes de la escultura moderna*; traducción Alfredo Brotons Muñoz, Akal, Madrid, c2002. pp11-12

⁵² *ibidem* p241

⁵³ *ibidem* p248

⁵⁴ LIPPARD, Lucy R. *Seis años: la desmaterialización del objeto artístico de 1966 a 1972*, traducción, Ma. Luz Rodríguez Olivares, Akal, Madrid, 2004. pp81-2

3.3 Escultura Modular en México

Aquí se analizan *Las Torres de Satélite*, cinco esculturas de *La Ruta de la Amistad*, así como, *La Gran Espiga* y *El Espacio Escultórico*, dentro del marco referencial y conceptual. Estas obras se distinguen por su carácter geométrico y el tamaño monumental, pues transformaron tanto la imagen como el lenguaje de la escultura pública en la Ciudad de México. (Los temas de la escultura dejan la mitología y a los próceres de la historia representados en la Alameda Central y en el Paseo de la Reforma), dando lugar a la abstracción geométrica iniciada por Mathias Goeritz y Luis Barragán.



Mathias Goeritz y Luis Barragán, *Torres de Satélite*, 1957. <https://i.pinimg.com/originals/08/3d/17/083d17edadc0160443cd64738aef2768.jpg>

En la Galería Carstairs en Nueva York (1960) Goeritz expuso dibujos de estructuras a gran escala arquitectónica, muy parecidas al estilo escultórico del *minimal art*⁵⁵. Ya en 1954, Goeritz construyó *El Eco* en la ciudad de México, proyecto concebido como una gran escultura de acuerdo con su idea de *arquitectura emocional*⁵⁶. Por otro lado, el arquitecto Mario Pani le encargó a Luis Barragán una fuente para promover el proyecto de Ciudad Satélite, Barragán piensa en una escultura de gran escala e invita a Goeritz. Ambos, influidos por las torres medievales de San Gimignano en Italia, concibieron las torres para ser vistas desde la autopista a gran distancia.



Torres de San Gimignano, Italia, época medieval. <https://buenavibra.es/por-el-mundo/conocer/san-gimignano-la-perla-de-la-toscana/>

⁵⁵ *Minimal art: a critical anthology*, edited by Gregory Battcock; introduction by Anne M. Wagner, University of California Press, Berkeley. 1995. p19

⁵⁶...toda esta arquitectura es un experimento. No quiere ser más que esto. Un experimento con el fin de crear nuevamente, dentro de la arquitectura moderna, emociones psíquicas al hombre, sin caer en un decorativismo vacío y teatral. Quiere ser la expresión de una libre voluntad de creación, que —sin negar los valores del “funcionalismo”— intenta someterlos bajo una concepción espiritual moderna. <http://eleco.unam.mx/eleco/manifiesto-de-la-arquitectura-emocional-1953/>

El Eco, considerado como una de las obras más importantes del arte moderno en México, donde Goeritz lleva a cabo su idea de la arquitectura emocional. En este museo experimental se logra la integración de las artes donde: escultura, pintura, música y danza se mezclan en una obra de arte total. Ahí participaron Carlos Mérida, Rufino Tamayo, José Luis Cuevas, Henry Moore y la compañía de danza de Merce Cuniingham.

Lo interesante de esta obra es que aparece antes de la propuesta escultórica del *minimal art* y aborda casi por completo todos los conceptos planteados y desarrollados por los escultores minimalistas: espacio, dimensión, escala, sentido de la estructura y del color; la escultura como forma autónoma, libre de toda representación, así como la ausencia de la base. Esta obra puede considerarse como el ícono de la escultura moderna en México, cuyo carácter monumental influye significativamente en el desarrollo de la escultura pública en México.

Años después, Goeritz y Helen Escobedo, en colaboración, ahora con el arquitecto Pedro Ramírez Vázquez, desarrollan *La Ruta de la Amistad* como parte de la *Primera Olimpiada Cultural*, en el ámbito de los *Juegos de la XIX Olimpiada en México 1968*. Se trata de 19 esculturas de 17 países a lo largo del Periférico Sur con intervalos de 1.5 km. en ambos lados de la vialidad. Sin embargo, debido al crecimiento urbano, actualmente algunas se han reubicado en otros sitios más amplios del periférico. Las esculturas miden entre 6 y 18 metros de altura.

El antecedente de este proyecto se basa en la idea del artista Otto Freundlich en 1936 con *La Via de la Fraternidad Humana*. Goeritz supo de este proyecto por Edda Maillet en 1969. A lo que comentó: "Me he quedado impresionado por la semejanza de sus ideas y las mías que me vinieron 20 años más tarde. Él tenía la misma concepción y algunas veces llegué a encontrar en su texto las mismas frases que yo he usado". Por otro lado, Goeritz aclaró que no se trataba de un experimento de integración plástica⁵⁷, sino más bien de una enorme galería al aire libre, aunque todas fueron creadas para ser apreciadas en movimiento desde un automóvil⁵⁸. Las esculturas consideradas modulares de *La Ruta de la Amistad* son:

⁵⁷ Entre 1950 y 52, durante la construcción de la Ciudad Universitaria, surgió la idea de la "Integración Plástica". Este concepto se refería a que, en su diseño, las edificaciones conjugaran la arquitectura, la pintura y la escultura, con el propósito lograr mayor impacto expresivo. No bastaba con que las tres disciplinas se encontraran juntas, sino que coexistieran sin que alguna predominara sobre las otras y que, al mismo tiempo, formaran un todo indivisible en que nada se pudiera quitar. <http://discursovisual.net/dvweb04/agora/agofavela.htm>

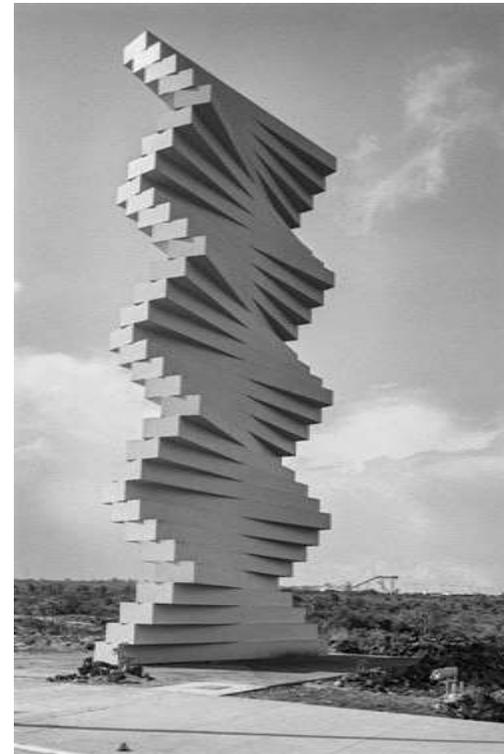
La Integración plástica fue una propuesta para lograr la conjunción de las artes plásticas y la arquitectura. Diego Rivera, aseveró que "es importante comprender que una verdadera pintura mural es necesariamente una parte funcional de la vida del edificio". Carlos Mérida expresó que "la pintura hay que fundirla en el cuerpo arquitectónico", y Mathias Goeritz proponía que "para crear dentro de una verdadera armonía, no hay que imponerse, sino someterse". <http://www.analesiie.unam.mx/index.php/analesiie/article/view/2017/2950>

⁵⁸ KASSNER, Lily S., Mathias Goeritz, UNAM, INBA, México, 2007. pp 196-97

Señales, de Ángela Gurría, (México), *Muro articulado*, de Herbert Bayer, (Austria-EUA), *Reloj solar*, de Grzegorz Kowalsky, (Polonia), *Sol*, de Kiyoshi Takahashi (Japón) y *Osa Mayor*, de Goeritz.



Ángela Gurría, Señales, 1968. https://es.wikipedia.org/wiki/Ruta_de_la_Amistad



Herbert Bayer, Muro Articulado, 1968. <https://www.facebook.com/bobschalkwijkphotography/photos/a.10150115942466483/10155948173111483/?type=1&theater>



Kioshi Takahashi, *Sol*, 1968. <https://archivo.eluniversal.com.mx/cultura/71129.html>

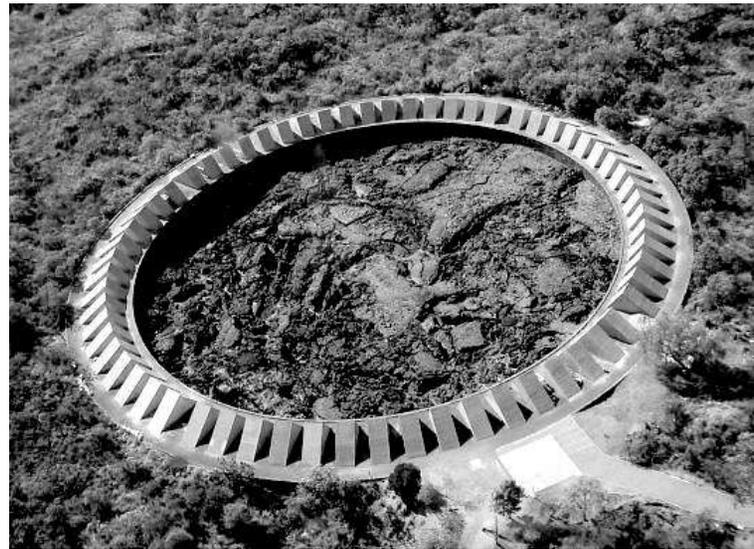


Grzegorz Kowalsky, *Reloj Solar*, 1968. <http://www.fomentoculturalbanamex.org/goeritz/ubicaciones/reloj-solar/>



Mathias Goeritz, *Osa Mayor*, 1968. <https://www.archdaily.mx/mx/776713/clasicos-de-arquitectura-ruta-de-la-amistad-mathias-goeritz-y-pedro-ramirez-vazquez>

Once años después, con el *Espacio Escultórico*, podría cerrarse el ciclo iniciado por Mathias Goeritz con las *Torres de Satélite*.



Espacio Escultórico, 1979.
Hersua, Goeritz, Sebastián, Felguérez, Escobedo y Silva.
<https://www.flickr.com/photos/dcubica/408062031/in/photostream/>

Para la historiadora Rita Eder, el *Espacio Escultórico* establece desde su forma y sentido moderno, un hilo directo con la tradición escultórica y arquitectónica del México antiguo. La dificultad de definir esta obra, crece en la medida en que se multiplican sus significados sociales y estéticos. La obra es de una enorme ambigüedad formal y simbólica: geométrico y orgánico; triangular y circular; plano y rugoso; frío y apasionado; útil e inútil; transitable e intransitable; ecológico y urbano; arte público o de mero sentido estético. Plaza, escultura-habitable, ruina, conjuga la moderna inquietud por una redefinición del espacio con la emoción de los antiguos círculos de piedras. *El Espacio Escultórico* finalmente ofrece nuevas respuestas, pero también plantea nuevas interrogantes en relación a la escultura contemporánea en México⁵⁹.

Sobre esta obra que en 1979 conmemoró los cincuenta años de la autonomía de la Universidad Nacional, la historiadora Lily Kassner escribe: Su poderosa forma doblemente circular y concéntrica lo vincula con la vecina pirámide de Cuicuilco, la más antigua del Valle de Anáhuac, de semejante traza redonda y similar carácter anónimo de autoría colectiva. El Espacio Escultórico es una obra que nos confronta mediante su tránsito y contemplación, con rasgos de identidad profundos y ancestrales, sin menoscabo de la manifiesta universalidad de su concepción.

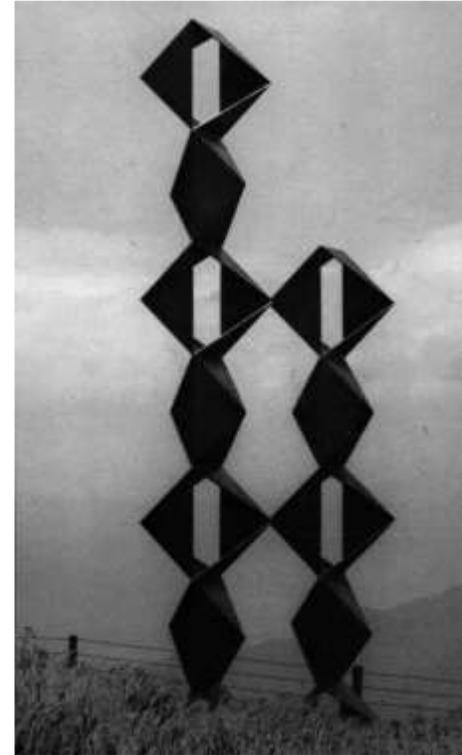
⁵⁹ EDER Rozencaig, Rita, *Helen Escobedo. La Escultura Contemporánea en México y las Propuestas de Helen Escobedo*, UNAM, México, 1982. p53-55

Los autores participantes declararon en *El Manifiesto del Espacio Escultórico*:

“Quienes participamos en el proyecto universitario hemos intentado poner en práctica principios olvidados por cientos de años: busca hacer del arte un gran acontecimiento para todos y para siempre, superando, al menos en esta experiencia, el voluntarismo individualista autosuficiente y caduco. Si los artistas que formamos este equipo de trabajo no le sobreviven alguna de sus obras, el Espacio Escultórico, por todo lo que tiene de oculto y de anónimo, habrá de perdurar como un intento colectivo de arte público más importante de los últimos tiempos”.⁶⁰

Entre otras esculturas modulares que han influido en el desarrollo de las esculturas de esta tesis, cabe mencionar la obra de Fernando González Gortázar y de Jesús Mayagoitia. En su obra, también se basan en los cortes efectuados a un cubo para desarrollar sus módulos; mientras que González Gortázar lo trata como sólido, Mayagoitia como hueco.

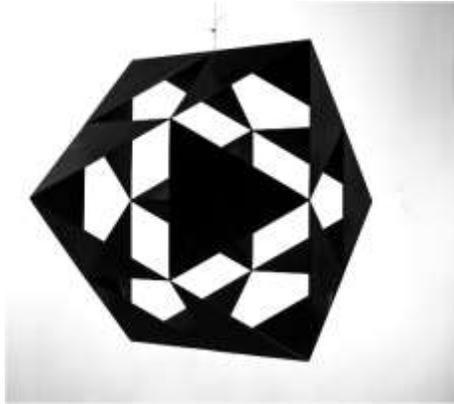
⁶⁰ Kassner Lily, *La escultura monumental en México y el cambio en el paisaje urbano a partir de 1950* pp 238-9 Revista Porto Arte: Porto Alegre, V. 16, No 27, noviembre 2009 <http://www.seer.ufrgs.br/PortoArte/article/viewFile/18182/10694>



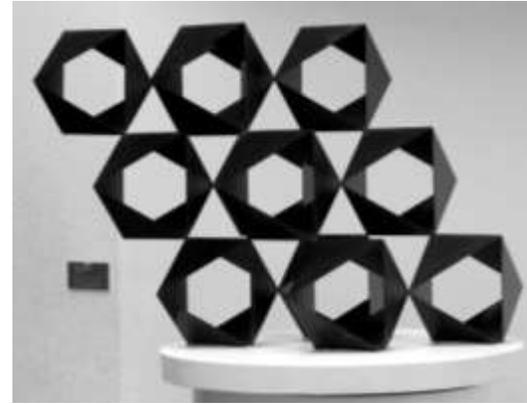
Fernando González Gortázar, *La Gran Espiga*, 1973. <https://www.jornada.com.mx/2001/11/26/fotos.html>

Jesús Mayagoitia, *Espacio vertical*, 1987. *Revsta de la Escuela Nacional de Artes Plásticas*, vol. 3, núm. 10, 1990 unam

Dos de sus esculturas de Mayagoitia muestran cierta relación con el arte cinético: *Doce acróbatas*, tiene un motor oculto en la base que completa un ciclo aproximadamente en un minuto, mientras que *Caleidoscopio*, al estar suspendida, su movimiento irregular es parecida a un móvil. Los módulos de estas esculturas permiten, lo que Mayagoitia menciona como “efectos ópticos” en los que explora el movimiento virtual de la escultura⁶¹



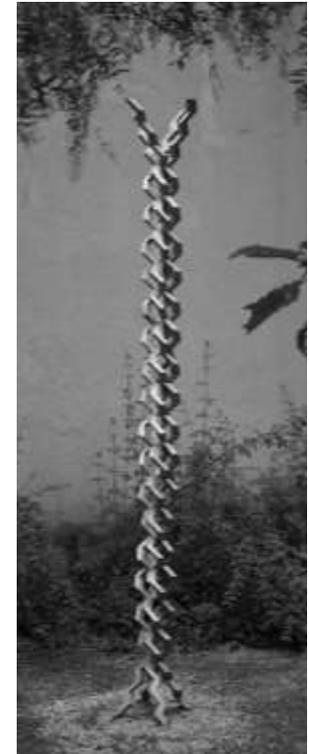
Jesús Mayagoitia, *Caleidoscopio*, 1981.



Jesús Mayagoitia, *Doce acróbatas*, 1990.

⁶¹ revista proceso, núm. 797, 8 feb 1992

Finalmente, cabe mencionar a Sebastian, Ricardo Regazzoni y Ernesto Hume cuyas obras se consideran dentro de la escultura modular en México.



Sebastian <http://alvarolocx.blogspot.com/2011/01/topten-de-esculturas-de-sebastian.html>

Ernesto Hume <https://www.artehoy.com.mx/escultura/ernesto-hume-colaboraciones-escultura-artehoy.php>

Ricardo Regazzoni <https://polanquito.net/fotos/ricardo-regazzoni-talleres-luis-barragan/>

Así es como podemos señalar que, en el arte cinético, el minimal art y la escultura modular en México entre 1913 y 1990, la forma geométrica del cubo y su tratamiento escultórico ha sido la constante referencial, formal y conceptual en el desarrollo de la escultura moderna y contemporánea. De modo que el análisis de la propuesta *Espacio y Volumen* que se describe en el siguiente capítulo, condujo a esta revisión histórica sobre la estructura del cubo en la geometría, su tratamiento y transformación en la escultura y en la animación digital.

CAPÍTULO IV

Espacio y Volumen, una propuesta escultórica

Hacemos una vasija de un trozo de arcilla, el espacio vacío dentro de ella la hace útil.

Lao Tse

4.1 Desarrollo del Módulo

A continuación, se describe el proceso de construcción del módulo como elemento de repetición y combinación que generó las maquetas y sus variantes en la serie de doce esculturas para la exposición *Espacio y Volumen*, mismas que a su vez condujeron al desarrollo de la animación digital de la *Escultura Modular*. La cual complementa la propuesta de esta tesis.

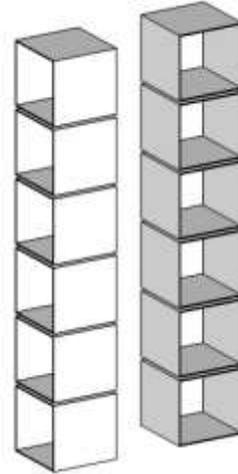
El artista Wucius Wong, distingue la lógica visual en los elementos que componen el módulo como modelo, su organización, estructura y variaciones infinitas y sus límites en situaciones concretas. El proceso está determinado por un pensamiento sistemático e intuitivo que explora las posibilidades de visualización. Si el volumen es “vacío”, es decir, si no contiene “masa” puede contener “espacio”. El módulo es un volumen que contiene, o no, al espacio. Estas trayectorias suponen movimiento, sin embargo, el movimiento, aunque implícito está determinado por el tiempo. La configuración modular está determinada por el orden de la estructura. Aunque no sea evidente, la estructura formal determina la disposición, el ritmo y la organización de los elementos.⁶²

⁶² WONG, Wucius, Fundamentos del diseño; versión castellana de Homero Alsina Thevenet y Eugeni Rosell; Gustavo Gili, Barcelona, 2014.p 27. (este es el análisis de la estructura del proceso constructivo análogo que determina la secuencia de animación en el proceso constructivo digital)

El módulo se obtiene a partir del cubo, no a la del *bloque de masa* (barro) al que se le da *forma escultórica*, aunque la idea de bloque tenga la forma preconcebida de un cubo.

El proceso inició con doce cubos para construir dos columnas de seis módulos. Resultó más práctico hacerlos con cuatro cuadrados que con las convencionales plantillas de seis, aunque resultaran huecos. Se agregó un cuadrado más pequeño entre las caras para separar los cubos y establecer un pequeño espacio como «intervalo» con el fin de aligerar el peso visual del conjunto.⁶³ Sin embargo, debido al peso y la falta de dos cuadrados, las columnas se doblaron, debilitándose la estructura. Esta flexión en los cubos se consideró como un accidente fortuito en el desarrollo del módulo, entonces surgió la pregunta: ¿Qué tanto flexionar el cubo?

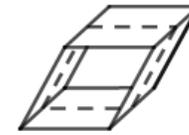
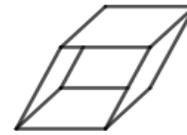
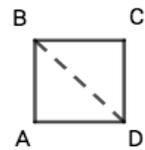
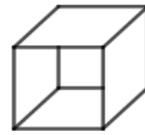
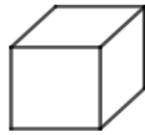
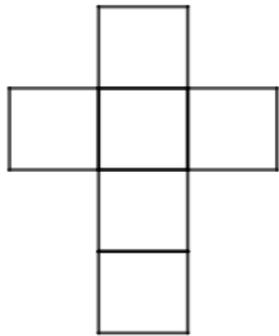
⁶³ Esta separación es posible en el dibujo y en el espacio virtual; en la animación, pero no así en la escultura en metal.



Primer maqueta

La flexión se determinó como sigue: al flexionarse, la diagonal BD disminuye, si mide x , entonces medirá la mitad formando un rombo ; los cuatro cuadrados también se redujeron a la mitad como rectángulos. Con ello, la percepción de las caras externas e internas se equilibraron visualmente con la presencia del *vacío*.

De ahí la conexión con la idea de *espacio* “exterior/envolvente” y “espacio interior/contenido”. También puede interpretarse como “espacio interior” o volumen espacial. Luego, si un cubo se compone de seis cuadrados entonces, cada escultura estará formada por seis módulos y, finalmente, al duplicar este número, son doce las esculturas que componen el proyecto.



Plantilla seis cuadrados

Cubo

Plantilla cuatro cuadrados

Cubo hueco

Flexión

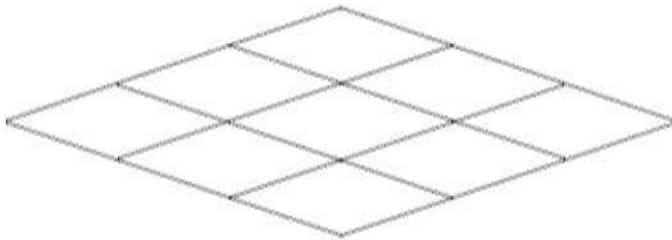
Reducción

Módulo

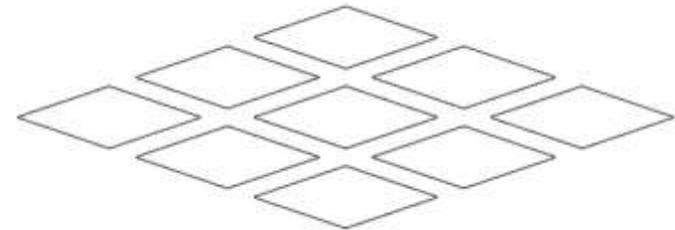
Diagonal *BD*

4.1.2 Sub-módulos y supermódulo

En *Estructura* de LeWitt, los cubos internos pueden considerarse como subdivisiones del cubo principal en submódulos. Simultáneamente, el cubo que los contiene se considera como supermódulo al estar compuesto por la suma de los más pequeños que lo constituyen. El espacio dentro del cubo, delimitado por las aristas, puede considerarse como “espacio interior” o el “espacio contenido” por la forma. El cubo sólido, determinado por sus caras, puede considerarse contenido por el “espacio exterior” o “espacio envolvente”.



sub-módulos



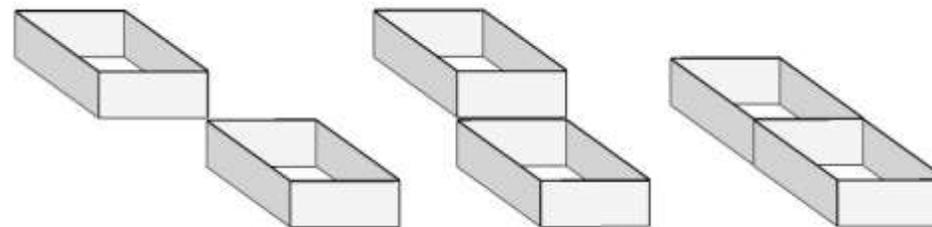
supermódulo

4.1.3 Combinaciones modulares

La configuración modular está determinada por el orden de la estructura. Aunque no sea evidente, la estructura formal determina la disposición, (la repetición), el ritmo y la organización de los elementos.

Wucius Wong

Las combinaciones modulares se establecen por el contacto entre sus vértices, aristas, caras y puntos medios. Las secuencias de ordenación son verticales, horizontales o inclinadas y están determinadas por la posición y orientación del módulo inicial.



vértice

arista-punto medio

cara-punto medio

La disposición modular en progresión pretende confrontar la implicación del movimiento y su desarrollo por un significado visual (el ojo sigue los saltos repetitivos de un bloque al otro y de una sección a otra) y abstracta (la teoría de la construcción por repetición de una forma familiar como la de un cubo es reconocible). En tanto que los objetos ocupan un espacio limitado, tenemos la sensación de que podrían extenderse infinitamente a voluntad. Ellos insinúan que el espacio es una función del tiempo. Si el tiempo fuera comprimido a un instante, a un punto muerto, el reconocimiento de su extensión infinita sería inmediatamente posible.⁶⁴

4.1.4 Proceso constructivo análogo

Aquí se describe cómo se desarrolló el proceso constructivo de las esculturas a partir de la experimentación para reproducir o representar en el Taller de Modelado en Barro. Se observa al modelo sobre una base giratoria cuadrada, el caballete se alinea paralelo a la base y se procede a modelar el plano que se tiene de frente, con la idea de reproducirlo o representarlo para después interpretarlo. Se giran la base y el caballete en el mismo sentido para ver los lados izquierdo, derecho y posterior, para observar y modelar las aspectos volumétricos y espaciales que presenta el modelo, en cada uno de los planos de referencia.

Los cuatro lados, más las cuatro esquinas de la base cuadrada, equivalen a intervalos de 45 grados, los ocho completan un giro de 360 grados sobre un eje imaginario perpendicular al centro de la base. De esta manera, se reproduce en proporción y escala.

⁶⁴ *Minimal art: a critical anthology*, edited by Gregory Battcock; introduction by Anne M. Wagner, University of California Press, Berkeley. 1995. p 250

Si imaginamos la base cuadrada como un cubo que contiene al modelo, tenemos 26 puntos de vista: Seis caras, doce aristas y ocho vértices. Las vistas de arriba y abajo que completarían la observación dentro del cubo se descartan, ya que no son tan necesarias para obtener un modelado convincente. Se trata de observar al modelo para representarlo, reproducirlo o interpretarlo tridimensional-mente en barro.

En el barro, se trata de reproducir al modelo agregando o quitando materia para representar su forma. Mientras que en la construcción de maquetas se relacionan los módulos entre sí, para obtener la forma sin reproducir o referir un modelo. Es decir, el resultado de la configuración modular produce un modelo y al final se analiza su estructura.

Si el modelado reproduce el volumen de la forma, la manipulación de las maquetas define la forma y la estructura. Es como armar un rompecabezas sin referencia a la imagen predeterminada, sino encontrar la combinación que estructure la forma. No siempre la forma es armónica, en ocasiones se descarta; después, a veces se retoma. Se hacen variaciones hasta encontrar la forma temporal o definitiva para concluir el proceso, la siguiente etapa consiste en la construcción de la escultura en metal a mayor escala. Finalmente el proceso de acabado puede ser pintado, oxidado o pulido.

4.1.5 El problema de la base

Una vez construida la escultura surge el problema de la base como soporte para su presentación, ¿Es necesaria, cumple una utilidad, equivale al marco y/o marialuisa en la pintura y en el grabado, ¿cuál es su función? Al respecto, el arquitecto e historiador Javier Maderuelo afirma que:

La necesidad de proponer al espectador nuevas maneras de ver y sentir la escultura ha conducido a generar un interés por el fenómeno de la «presentación» en detrimento de la «representación», y a provocar un deslizamiento de la estética de la creación, hacia una de la recepción, cuya actividad del espectador sea más activa que la mera contemplación distante de la obra⁶⁵.

En *Espacio y Volumen*, ocho esculturas no tienen base y cuatro de ellas sí. La base anula el efecto de gravedad o la inestabilidad de la pieza. Por ejemplo, un cubo descansa sobre una cara, pero si se apoya sobre un vértice requiere de una base que le de soporte; su inestabilidad física genera dinámica visual, de ahí su necesidad. Otra de las funciones de la base para la escultura es presentarla convencionalmente a determinada altura frente al espectador.

En la animación digital, la base no es necesaria ni cumple función alguna, debido a que, en el espacio virtual, no hay efecto de gravedad; tampoco el contacto modular.

La base en *Espiral* no fue necesaria porque la posición «natural» en el piso, no la requería para su visualización. En el caso de *Gaviotas*, durante el proceso de acabado, quedó inclinada al estar sobre un banco y no sobre una mesa de trabajo. Este incidente modificó la manera de presentarla y considerar suspenderla de un cable, o inclinada sobre una base más pequeña, *Fuelle* es más estable y puede tener una pequeña base en dos de los módulos centrales para elevarla un poco y parezca estar flotando.

⁶⁵ MADERUELO, Javier. *La idea de espacio en la arquitectura y el arte contemporáneos 1960-1989*, Akal, Madrid, primera reimpresión, 2010. p86

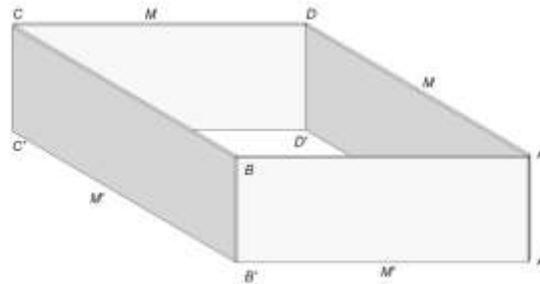
Durante el registro fotográfico de *Cardumen*, parecía que la escultura estaba sobre la pared, encontrando así la relatividad de los planos visuales y la colocación espacial de la pieza. *Descenso* se colocó, tanto vertical, como horizontal; en ambas posiciones requería la base para neutralizar su inestabilidad; verticalmente, sobre una sola arista se visualiza la forma y el fondo, mientras que horizontalmente sobre tres vértices. De la misma manera, *Aterrizaje* se apoya sobre una arista en posición vertical y también, se aprecia la misma relación “figura fondo” que en *Descenso*.

La disposición modular de *Escalera* permite la posición vertical sin necesidad de la base; *Serpiente*, tampoco necesita base. En este caso, la horizontalidad es el rasgo dominante de la pieza, *Áspid* y *Nauyaca* no la requieren; sin embargo, se utilizaron pequeños bloques de madera a modo de cuña para equilibrarlas visualmente. Finalmente, *Hexágono* puede o no requerir base y presentarse en cualquier posición.

4.1.6 Descripción de las esculturas en metal

Espiral

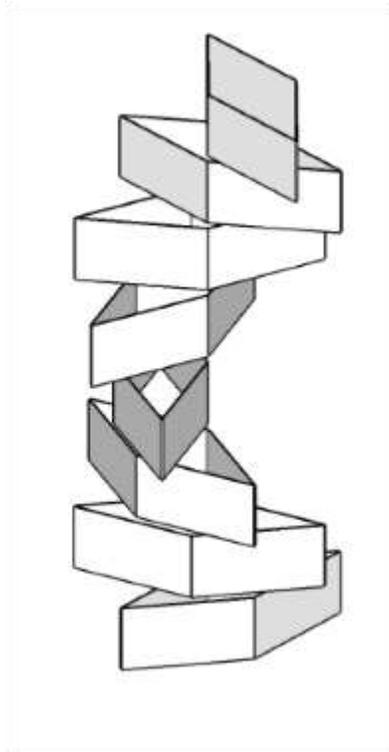
Se construyó una maqueta con ocho módulos de acuerdo con los puntos de vista que presenta un modelo sobre la plataforma, es decir, uno para cada lado y uno para cada esquina. La idea de apilar módulos consiste, no sólo formar una columna, sino ver simultáneamente las ocho vistas que presentan los módulos en un solo plano. En lugar de girar la base, el segundo se coloca sobre el primero a 40° en la arista DD' o vértice D o D' de ambos para que la arista $B'C'$ coincida con la AB del primer módulo.



Los siguientes se colocan de la misma manera hasta completar el ciclo. Seis es la cantidad de módulos para construir una maqueta, pero en este caso se utilizaron ocho al relacionarse con la base y no con las caras del hexaedro. Asimismo, el peso de la escultura no permite su posición vertical; la pieza queda inclinada sobre el piso. La estructura espiral no se había contemplado hasta terminar la maqueta y por ello el título. El cuarto módulo es blanco y los demás negros para romper con el ritmo visual y así dar mayor acento al conjunto.

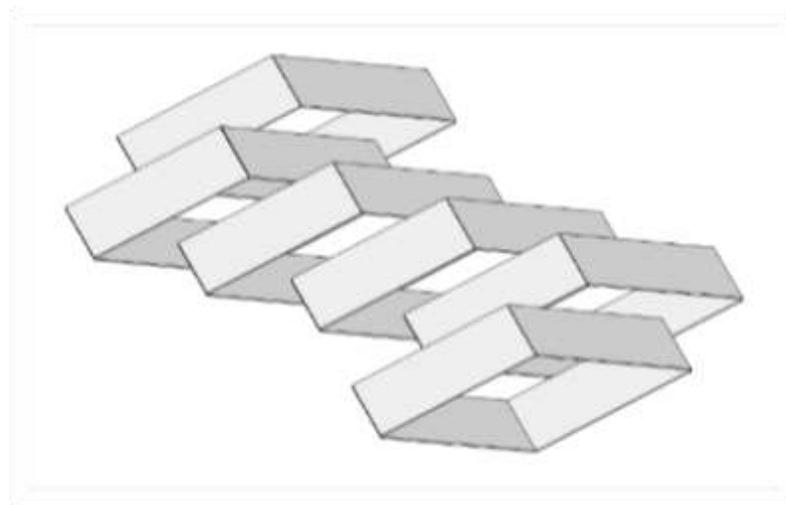
Por otro lado, al igual que en el proceso de modelado en barro, al concluir cada una de las maquetas, se analizaban las vistas desde los lados y esquinas sobre una plataforma giratoria cuadrada, así como en giros continuos con el fin de observar los distintos aspectos para determinar la necesidad de la base, la posición, vertical, horizontal, inclinada o suspendida; no necesariamente con la idea de movimiento, porque esta surge al finalizar el proyecto de las doce esculturas.

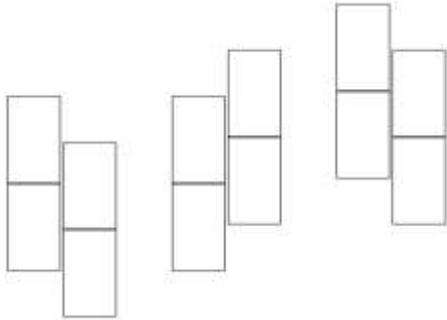
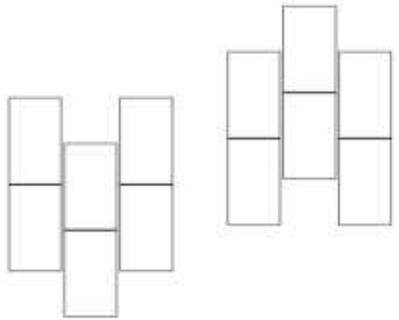
Ahora bien, tanto las fotografías de las páginas 8 y 9, como los dibujos esquemáticos de las esculturas, muestran el rasgo dominante, aunque la sensación espacial frente a ellas, no es la misma en su imagen gráfica, debido a que en el plano bidimensional se anula la percepción estereoscópica que genera la profundidad, y al mismo tiempo, también se pierde la proporción y escala. Sin embargo, se define la relación entre la figura y el fondo al enmarcarse en el plano. De ahí que, tanto en los esquemas de las esculturas, como en la animación en el espacio virtual, los módulos pueden estar ligeramente separados para acentuar los intervalos espaciales entre sí, ya que la gravedad no ejerce su efecto, a diferencia de las esculturas en metal.



Gaviotas

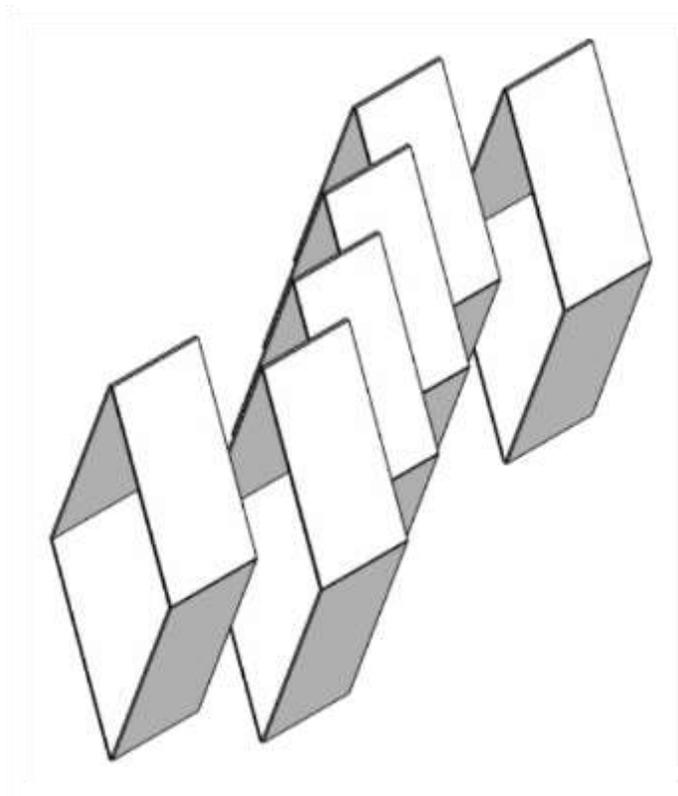
Mientras que *Espiral* es vertical, la disposición modular inicial de esta pieza, forma una línea horizontal. Los módulos están sobre las aristas DD' , el segundo se coloca hacia la derecha hasta el punto medio, entre las aristas AB , DA con $B'C'$, $C'D'$, del primero. Tanto el inicial como el final se colocan en contrasentido para contrastar con los internos que conservan la línea. En *Espiral*, el cambio de color rompe con la lectura formal; aquí, el contrasentido de los extremos rompe con la secuencia lineal. Al dividir la escultura a la mitad, se descubren los módulos triples, así como los dobles al fragmentarse en tercios. Desde cierta distancia y puntos de vista sólo se perciben tres módulos y desde otro se perciben cuatro. También se descubren los submódulos contenidos en el interior de la pieza.

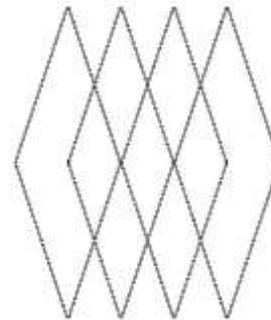
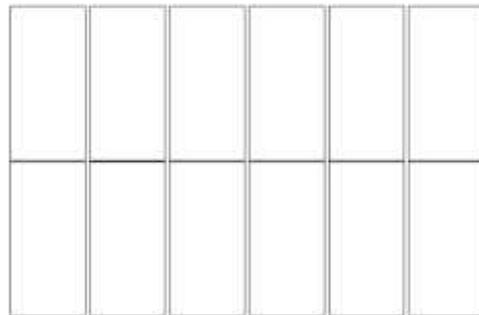
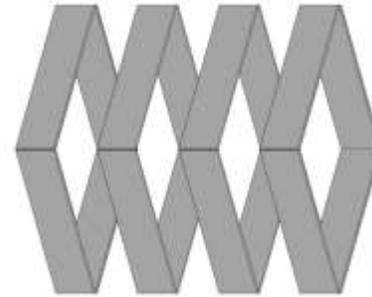
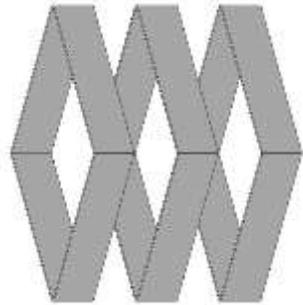




Fuelle

La disposición tiene la misma estructura que en *Gaviotas*, pero en posición vertical. Los módulos están sobre las aristas AA' . El contacto es entre el punto medio de las aristas AB, BC , con $D'A', C'D'$. La posición vertical de frente parece un muro, mientras que de lado se ven los submódulos. El contraste “sólido-vacío” es más dominante que en *Gaviotas*. Al igual que en la pieza anterior, desde un punto de vista, sólo se ven cuatro módulos y desde otro tres.

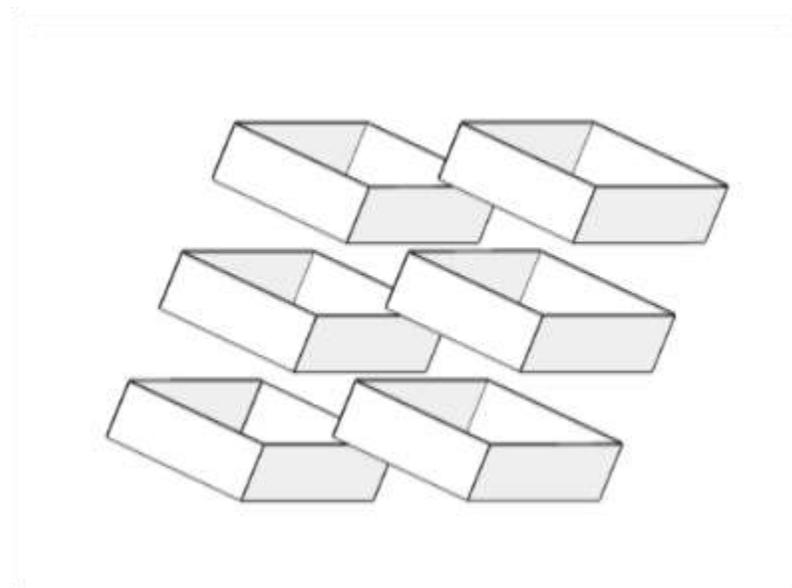




Arlequín

A diferencia de *Gaviotas* y *Fuelle*, esta pieza busca el contacto entre las aristas. El contacto es en la mitad de las aristas; los vértices se conectan en los puntos medios de las aristas: el punto medio de la arista AB del primer módulo coincide con el punto medio de $C'D'$ del segundo.

Desde cierta inclinación se muestran las caras interiores al coincidir los vértices D con B' de cualquier módulo. Si conectamos visualmente el vértice D' de uno, con el B' de otro se muestran los submódulos. Aquí aparecen otro tipo de módulos dobles y triples. El criterio de ordenación ya no es lineal como en las esculturas anteriores, donde un módulo sigue al otro. Ahora se ordena por pares y se integran en una sola forma compuesta.

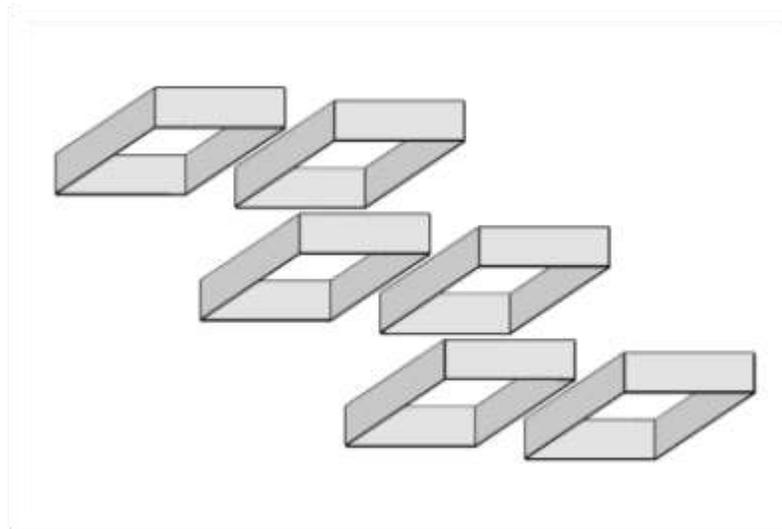


Cardumen

La combinación es entre módulos dobles, el vértice A' del segundo está en el punto medio de la arista BC , de modo que el vértice C del primero coincide con el punto medio de la arista $A'D'$ del segundo. El vértice D' del primero del siguiente par (o tercer módulo) se coloca en el punto medio de la arista AB del segundo.

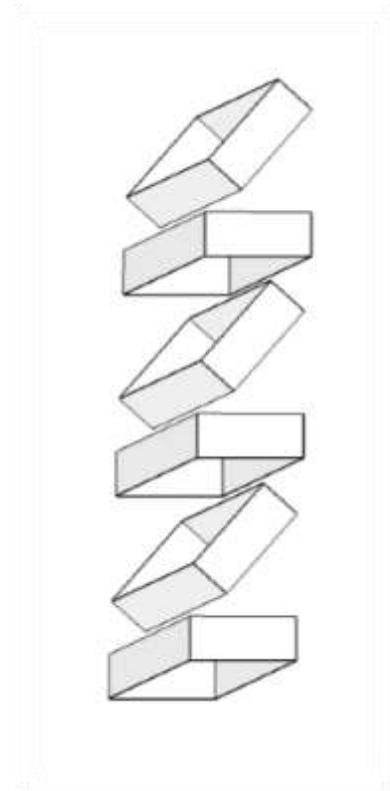
Mientras que en *Arlequín*, la forma de la escultura es compacta, aquí se expande. La unión de los dobles es exactamente la misma pero la combinación difiere, como la relación en *Gaviotas* y *Fuelle*; *Descenso*, *Aterrizaje*; *Áspid*, *Nauyaca*, como variantes o series.

Cabe mencionar que en esta pieza, al observarla en la fotografía, se tuvo la sensación de que estaban sobre la pared y no en el piso, esta percepción ambigua permite considerar colocarla sobre el muro.



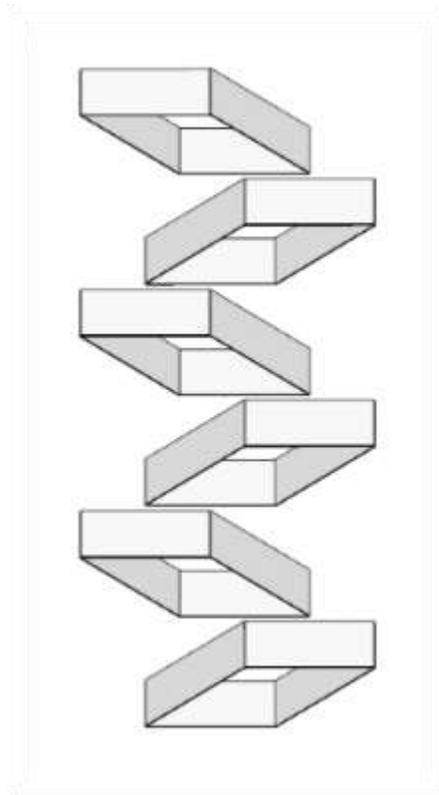
Descenso

En esta escultura el “espacio negativo”, se considera como fondo (en la relación fondo forma) y es un elemento de relación visual cuyo rasgo dominante contrasta en la posición vertical de la pieza. Los puntos medios de las aristas coinciden perpendicularmente, mientras que en *Arlequín* y *Cardumen* es paralelo. El punto medio de la arista *DA* del primero coincide perpendicularmente con la arista *AA'* del segundo, si el segundo se coloca hacia la derecha, el tercero se coloca hacia la izquierda en una secuencia alternada.



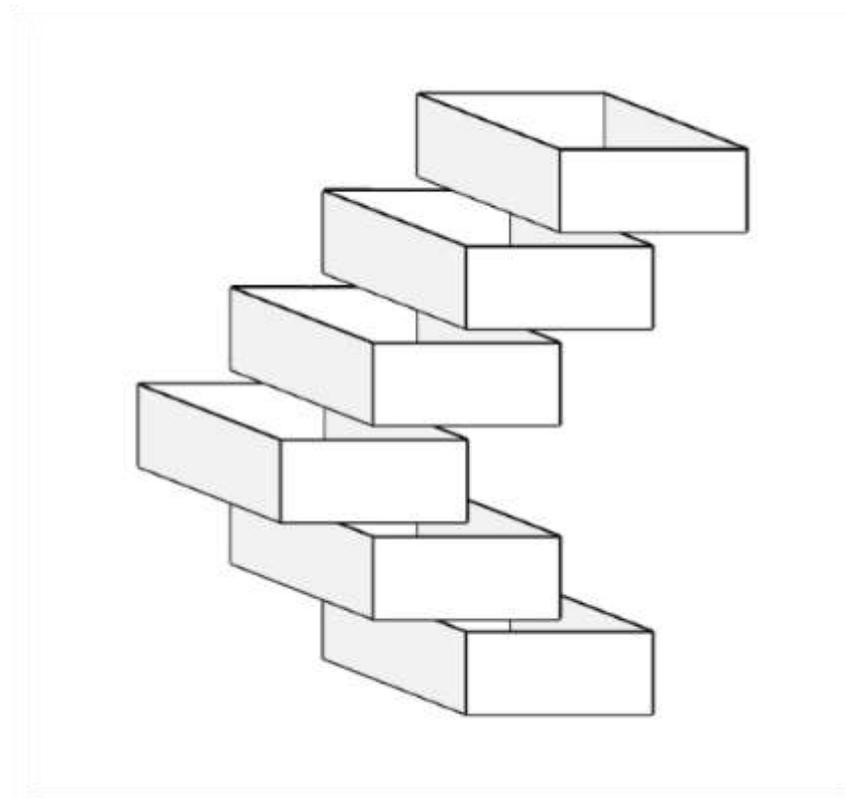
Aterrizaje

Esta escultura es similar a *Descenso* pero el contacto entre los módulos no es perpendicular sino paralelo. El contacto es el punto medio de la arista CD del primero con el punto medio de la arista $B'C'$ del segundo. Los dobles pueden verse como una variante de *Cardumen*; si bien corresponden a la progresión 1,2; 3,4; 5,6. En este caso, la similitud no es con los módulos 1,2 sino con los 2,3.



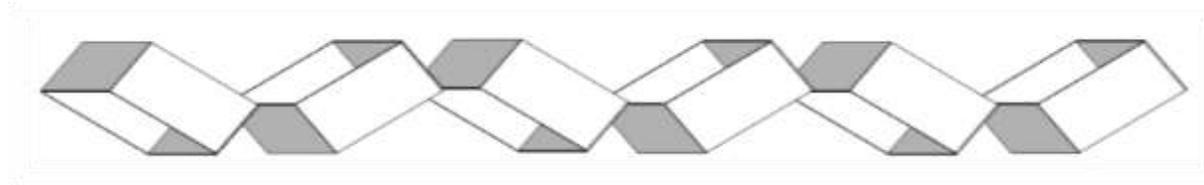
Escalera

Los puntos medios de las aristas AB , CD del primer módulo coinciden con los vértices B' y C' del segundo, lo mismo con el segundo y con el tercero, el cuarto quinto y sexto se colocan en contrasentido a los anteriores para equilibrar visualmente la estructura.



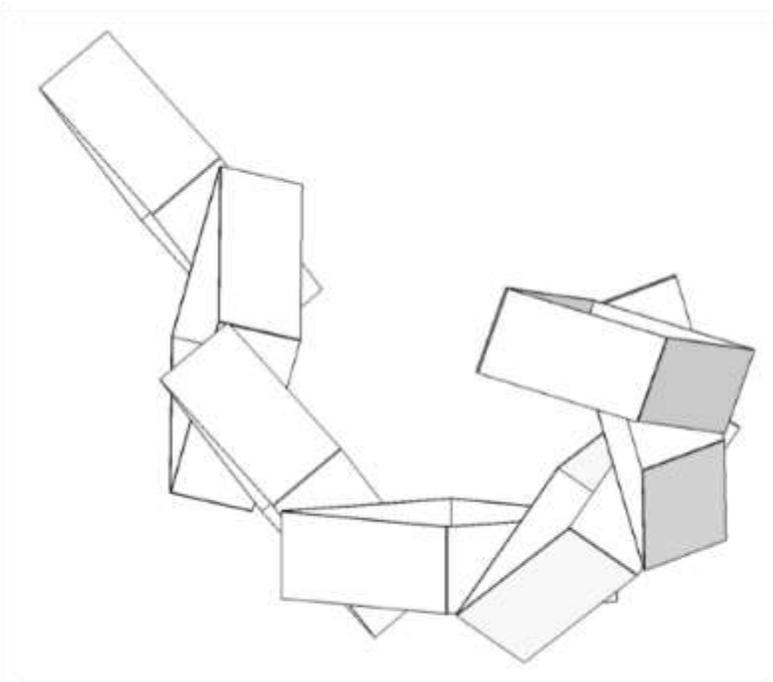
Serpiente

En esta pieza, al igual que en *Descenso*, los puntos medios de las aristas coinciden perpendicularmente; el plano correspondiente a la arista $D'A'$ se coloca perpendicular al punto medio de la arista DA inicial. Aquí, el segundo se coloca hacia adelante, mientras que en *Descenso* se coloca hacia atrás, pero en posición reflejada. En este caso, la combinación perpendicular y la configuración lineal muestran una repetición que no necesariamente requiere del contrasentido para acentuar el ritmo de la disposición.



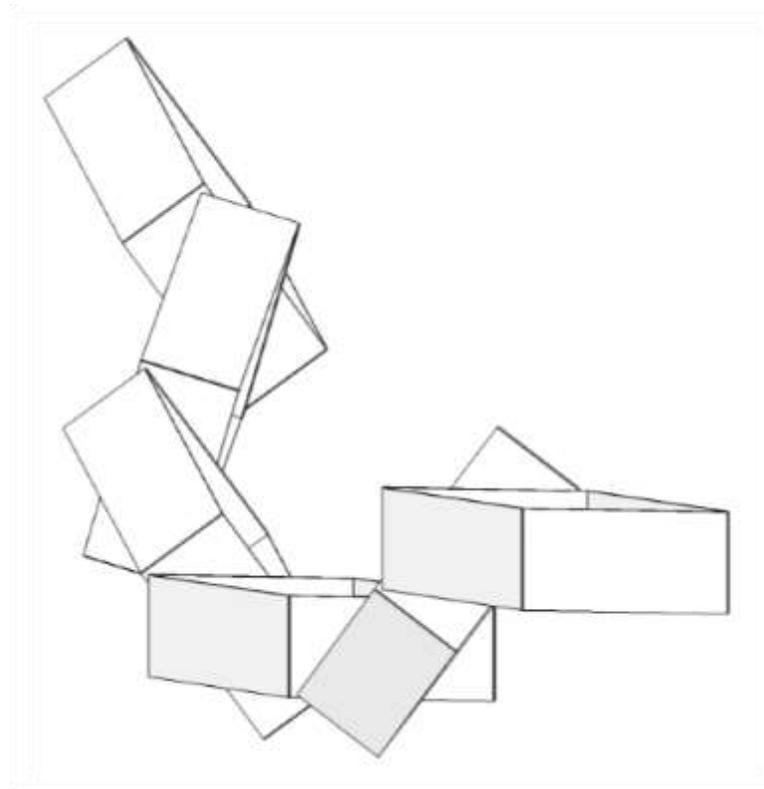
Nauyaca

En esta pieza, el contacto es entre las caras; el segundo módulo se coloca de manera que el vértice A' coincida con el vértice B del primero, y el vértice D del segundo coincide con el vértice C' del primero. El eje de rotación está en el centro de la cara; los siguientes se colocan en esa misma posición. Esta configuración describe un eje helicoidal no tan evidente comparado con el eje común a las aristas BB' de *Espiral*. Esta escultura consta de siete módulos; este último se agregó para cambiar el ritmo de la secuencia helicoidal.



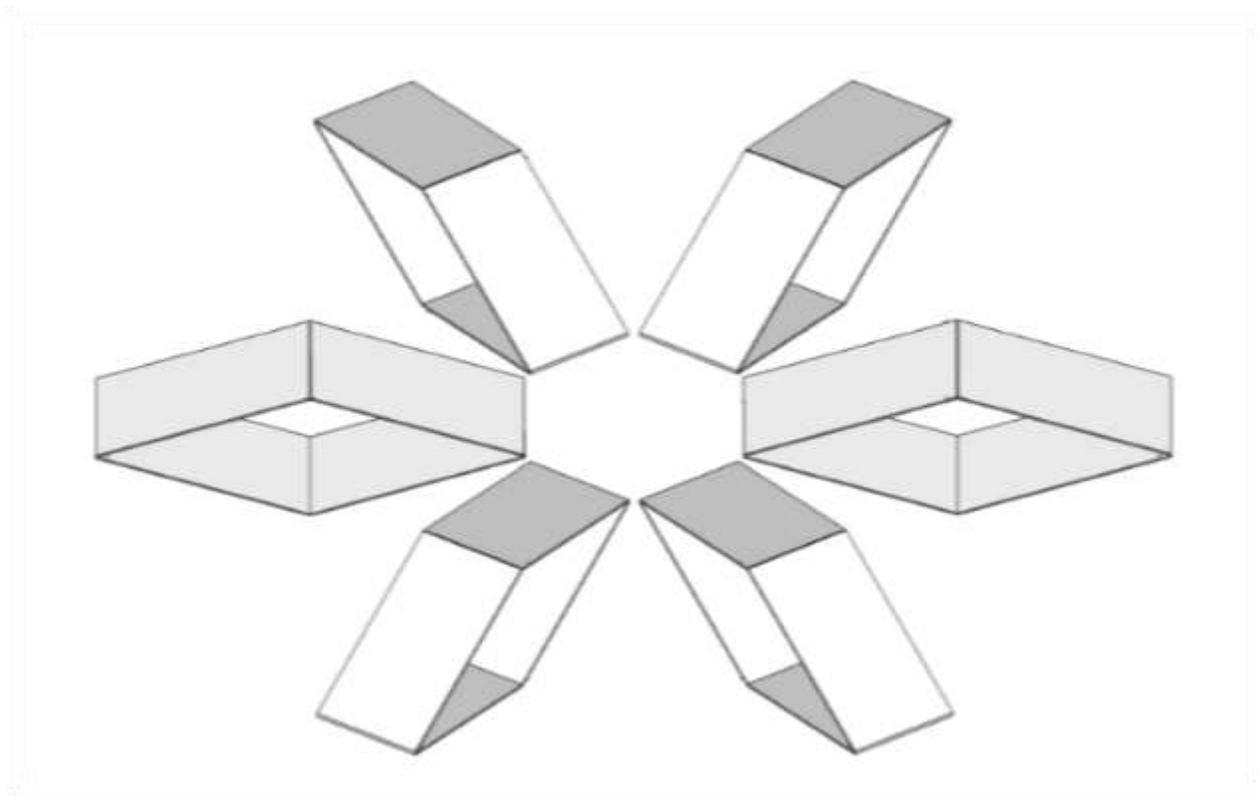
Áspid

La configuración es la misma que en *Nauyaca*, sin embargo, el contrasentido de los módulos 1 y 6 rompen el eje helicoidal, esta pieza adquiere otra amplitud espacial, sin los extremos en contrasentido, la configuración mostraría el cierre del ciclo.



Hexagonal

Esta es la última escultura de la serie, sin embargo, no se construyó en metal; el contacto es entre los vértices. Es interesante notar que esta configuración genera un hexágono inscrito entre los vértices de los módulos, el cual puede interpretarse como un hexaedro, del cual se origina el módulo, mismo que se repite y combina para generar las doce esculturas. Puede decirse también, al completarse la serie, el cubo *re-aparece* a modo de conclusión del proceso pues inicia y termina como cubo.



4.1.7 El movimiento y el tiempo en la escultura

Rudolph Arnheim afirma que con tres dimensiones se describe la forma de cualquier objeto. En cuanto a los cambios de forma, posición y orientación relativa en un momento dado habrá que añadir la dimensión del tiempo.⁶⁶ Mientras que Immanuel Kant sostiene que el espacio y el tiempo colaboran en tanto que son necesarios a la síntesis pura de la imaginación, anterior a la percepción. Es esta síntesis la que posibilita cualquier conocimiento. Por otro lado, el tiempo y el espacio sólo pueden ser determinados el uno por el otro. Incluso cuando todo se transforme, aun cuando todo sea devenir, el devenir como tal no puede ser percibido. Es necesaria la representación en el espacio que lo determine. Inversamente, el espacio únicamente ser determinado dentro de un cierto tiempo: una línea recta sólo puede ser trazada sucesivamente, la sucesión es, por lo tanto, la dimensión propia del tiempo. En el primer caso, se podría hablar de “espacialización” del tiempo y, en el segundo, de “temporalización” del espacio.⁶⁷

El nuevo arte es un sistema donde la configuración del movimiento es más importante que la forma del objeto. El único mensaje y significado es el del movimiento, no pretende satisfacer ideales estéticos, tampoco reconfirma nuestra imagen de la realidad; de hecho, revela los ritmos del espacio-tiempo de la realidad.⁶⁸

⁶⁶ ARNHEIM, Rudolf, *Arte y percepción visual: psicología del ojo creador*, traducción de María Luisa Balseiro, Alianza, Madrid, 2002. p 245

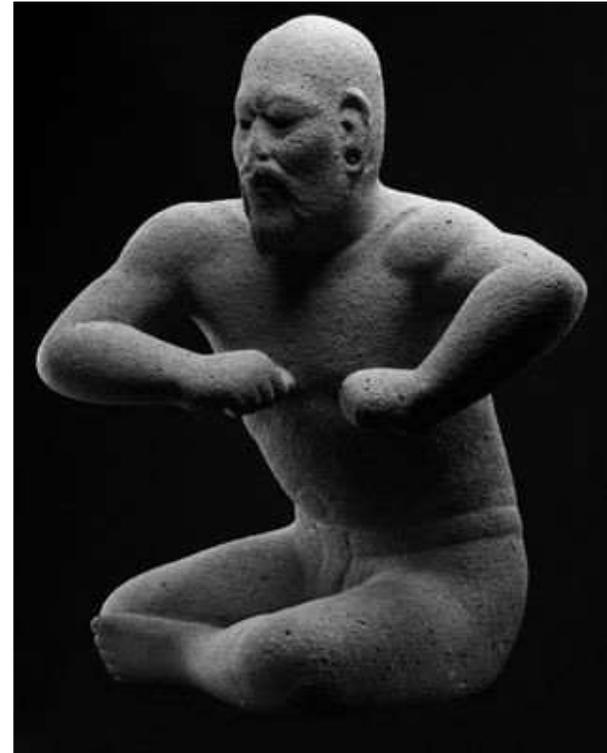
⁶⁷ BERTOLA, Elena, *El arte cinético: El movimiento y la transformación: análisis perceptivo y funcional*, Nueva visión, Buenos Aires, 1973 p 91

⁶⁸ *Minimal art: a critical anthology*, edited by Gregory Battcock; introduction by Anne M. Wagner, University of California Press, Berkeley. 1995. p318

Ya desde el *Discóbolo* de la cultura griega o cualquier otra escultura antigua que sugiera movimiento, como el *Luchador* de la Cultura Olmeca, se muestra sólo un momento, un fragmento del movimiento. Suponemos y completamos la imagen del hombre o del atleta en movimiento: sin embargo, la escultura únicamente nos presenta el momento más dinámico del ciclo.



Discóbolo, 450 aC, Cultura Griega <https://www.ecured.cu/Disc%C3%B3bolo>



Luchador, 1200-400 aC, Cultura Olmeca

Uno de los aspectos más sorprendentes de la escultura moderna es la manera en que manifiesta en sus artífices la creciente conciencia de que la escultura es un medio peculiarmente localizado en el punto de unión entre el reposo y el movimiento, el tiempo detenido y el tiempo que pasa. Esta tensión, que define la auténtica naturaleza de la escultura, explica su enorme poder expresivo.⁶⁹

4.1.8 Proceso digital, animación por computadora

Los más recientes experimentos artísticos con computadoras han dado resultados que nos obligan a reexaminar nuestras ideas sobre la creatividad y las máquinas.

Michael Noll

A partir de las esculturas realizadas en metal para la exposición *Espacio y Volumen*, se utilizó la computadora para visualizarlas en movimiento. Para ello, en el sistema digital se traduce la escultura análoga en valores numéricos. La animación se realizó en el programa *Infini-D*, el cual presenta los objetos en forma tridimensional, cuyas propiedades volumétricas: *alto*, *largo* y *ancho* son aparentes y están relacionadas con el *tiempo* cuando son animadas. Esta aplicación funciona interactivamente, lo que permite desarrollar un proceso visual intuitivo. La pantalla muestra las vistas: *arriba*, *cámara*, *frente* y *derecha* (también pueden verse los de: *abajo*, *atrás* e *izquierda*), así como los controles de la “Línea de tiempo” donde se edita la duración de los eventos y los del sonido.

⁶⁹ KRAUSS, Rosalind E., *Pasajes de la escultura moderna*; traducción Alfredo Brotons Muñoz, Akal, Madrid, c2002. p 12

La animación digital consiste en crear imágenes en movimiento donde una imagen se muestra en la pantalla sustituyéndose inmediatamente por la que corresponde al siguiente fotograma. La animación por computadora se basa en las técnicas tradicionales de animación “cuadro por cuadro”, las diferencias entre los fotogramas son automáticamente calculadas por la computadora en un proceso conocido como interpolación.

El principio fundamental de la computación se basa en el lenguaje binario que Leibnitz desarrolló en el s. XVII. La imagen digital, es una matriz numérica que se construye con píxeles (en inglés *pixels*, acrónimo de *picture* y *elements*). Esta técnica no difiere del principio analítico y estructural que subyace en la confección de mosaicos. Más tarde, la imagen se analizó geométricamente, luego algebraicamente; finalmente, la imagen reticularizada dio lugar a la imagen digitalizada.⁷⁰ Por otro lado, la realidad virtual transforma el espacio matemático de la computadora en espacio perceptual y sensorial, no existe para ser habitado, sino para ser recorrido, es decir, comparece como transitorio y efímero.⁷¹

Ahora bien, los inicios de la animación por computadora se desarrollaron con fines científicos para visualizar imágenes a partir de datos abstractos. En 1962 el doctor en ingeniería Ed Zajac (1926-2011) diseñó la primera animación electrónica para demostrar el comportamiento de un satélite bajo el efecto de la gravedad terrestre⁷². El corto: *A Two Gyro Gravity Gradient Altitude Control System*⁷³, muestra cómo un prisma rectangular gira alrededor de una esfera que representa a la Tierra, en la parte superior derecha un cronómetro marca el tiempo de las órbitas para visualizar cómo estabilizarlo, de manera que una de sus caras siempre esté de frente al planeta.

⁷⁰ GUBERN Roman, *Del bisonte a la realidad virtual: la escena y el laberinto*, Anagrama, Barcelona, 1996. pp 134,7

⁷¹ ibidem 167

⁷² SIENFUENTES Gerardo, “Cuadro por cuadro, Historia y evolución de la animación por computadora” Muy Interesante, año 29, No. 8, agosto 2012, Documento, pp 98-101.

⁷³ <https://www.youtube.com/watch?v=m8Rbl7JG4Ng>

Por su parte Ken Knowlton (1931) diseñó el software Beflix en 1963, el primero especializado en realizar animaciones con mapas de *bits*, con base en el lenguaje *FORTRAN*. Michael Noll (1939), ingeniero y artista, sentó las bases de la animación moderna, entre ellas el modelado en 3D, y fue quien anticipó el uso de la animación por computadora como un medio de expresión artística, al ser el primero en llevar a cabo una exposición en 1965, en su ensayo, *La computadora digital como medio creativo*, en la revista *IEEE Spectrum* en 1967. Puede considerarse a *Computer-Generated Ballet*⁷⁴(1965), como el primer cortometraje animado por medios electrónicos en el que se aprecia una serie de figuras que danzan sobre una plataforma de acuerdo a un patrón.

Al interactuar con la computadora, el coreógrafo podrá crear sus propias composiciones, tal vez dejando ciertos movimientos sugeridos por algoritmos matemáticos aleatorios... esto no significa que se hagan de lado los medios artísticos tradicionales, sino que sin duda estarán influenciados por este nuevo medio.

4.1.9 Descripción del proceso digital

La Idea del Movimiento en la Escultura Modular

La idea para la animación digital fue, ver cada escultura girando en los ejes de rotación (x,y,z), sin embargo, al desarrollar el proyecto se descubrió que, no sólo se podían ver en movimiento, sino que, además, era posible observar la formación de cada escultura a partir del primer módulo. Algo que llamó la atención en el sistema digital, fue que la “copia” del objeto

⁷⁴ https://www.youtube.com/watch?v=uLU2hIV7n_I

se ubica exactamente en el mismo lugar que el “original”. “La realidad virtual no respeta ciertas leyes físicas elementales como la impenetrabilidad de los sólidos y por ello dos objetos pueden *ocupar* el mismo lugar en el espacio tridimensional”⁷⁵. Este hecho determinó la secuencia de animación, es decir, la *copia* está contenida en el *original* y para poder verla hay que colocarla en su lugar correspondiente. Para ello, el segundo módulo se proyecta fuera del que lo contiene, hasta llegar a su posición. En el proceso análogo, se construye cada uno de los módulos, tanto en la maqueta como en el metal, mientras que en la computadora sólo basta con hacer uno y clonarlo. En la construcción de maquetas, no se concibió la idea de movimiento, sino la de relaciones y combinaciones para formar las piezas de seis módulos.

La disposición modular en las maquetas, resulta de la unión y combinación, mientras que en la animación se describe el orden y la secuencia de los movimientos lógicos posibles, a partir del análisis de la configuración modular de cada escultura en metal. Así, en el tiempo virtual se determinaron las etapas y duración de los movimientos, tanto de los módulos como de la cámara, desde su posición y orientación inicial hasta la final. En siete esculturas, cada módulo efectúa dos movimientos del punto *A*, hacia el punto *B*, y en cinco piezas, son tres los movimientos que se realizan para llegar a su posición final en el punto *C*. Los movimientos alternan desplazamiento, flexión y/o giro. La secuencia se divide en cuatro etapas: En la primera se forma la escultura, en la segunda se muestra completa y en la tercera, los módulos impares giran en un sentido y los pares en contra. Durante todo el ciclo, el movimiento orbital de la cámara cambia su eje de rotación en cada etapa. Finalmente, la cámara sale de su órbita y se dirige hacia la pieza, la atraviesa y “ve” por dentro. Éste último trayecto sugiere que la escultura “sale” de la pantalla para dar lugar a la aparición de la siguiente.

⁷⁵ GUBERN Roman, *Del bisonte a la realidad virtual: la escena y el laberinto*, Anagrama, Barcelona, 1996. p 158

4.1.10 Esculturas digitales

En la animación digital, tanto la escultura como la cámara se mueven; el observador percibe el movimiento frente a la pantalla, mientras que, frente a la escultura análoga, el espectador es quien se mueve en torno a ella.

Al respecto, Poincaré menciona que “Si un objeto se desplaza frente a nuestros ojos podemos seguirlo con la vista y mantener su imagen en movimiento, pero no significa que los representemos en el espacio geométrico.

La impresión del movimiento de A a B puede ser involuntario cuando el objeto es el que se desplaza (movimiento mecánico, real y virtual) y voluntario cuando el objeto está inmóvil, pero nosotros nos desplazamos de manera tal, que el objeto tiene con respecto a nosotros un movimiento relativo”.⁷⁶

Espiral

El módulo aparece en la pantalla, el segundo módulo como una extrusión del primero, se desplaza hacia arriba, luego gira 40 grados sobre la arista BB' , el tercero y los subsecuentes hacen lo mismo hasta completar la escultura.

Gaviotas

El segundo módulo se desplaza hacia atrás, luego hacia la derecha hasta coincidir los puntos medios de las aristas, el tercero y los subsecuentes hacen lo mismo pero el segundo movimiento es hacia la izquierda y el último se mueve hacia atrás y hacia la derecha para completar la escultura.

⁷⁶ Poincaré, Henri, Filosofía de la ciencia, selección e introducción de Eli de Gortari, Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Publicaciones, 1964.p130

Fuelle

Ocurre lo mismo que en *Gaviotas*, pero la posición del primer módulo está sobre la arista AA', de acuerdo con la posición vertical.

Arlequín

El segundo, cuarto y sexto se desplazan hacia arriba, luego hacia la derecha hasta coincidir las aristas, en un tercer movimiento se desplazan hacia la derecha hasta el punto medio de las otras. Los módulos tres y cinco igual, pero hacia la izquierda; en el segundo y tercer movimiento hasta completar la pieza; las trayectorias que no corresponden al sentido de los ejes x,y,z, obedecen al de las aristas.

Cardumen

El segundo se mueve hacia arriba, luego hacia la derecha hasta coincidir las aristas; en un tercer movimiento se desplazan hacia la derecha hasta el punto medio. El tercero se desplaza hacia arriba luego a la izquierda, y después a la derecha, el cuarto y el sexto igual que el segundo y el quinto igual que el tercero.

Descenso

El primer movimiento es hacia arriba, sigue una flexión de 45 grados a la derecha en la arista y en el tercer movimiento, otro desplazamiento hasta coincidir en los puntos medios. Los siguientes módulos efectúan los mismos movimientos, pero en el tercer movimiento cambian el sentido alternadamente.

Aterrizaje

Esta escultura es una variante de la anterior, igualmente, el segundo módulo se mueve hacia arriba, gira hacia la izquierda y luego se desplaza hacia el punto medio de las aristas. Los siguientes realizan los mismos movimientos, aunque en el tercero el sentido cambia alternadamente.

Escalera

La copia se proyecta hacia arriba y en un segundo movimiento se desplaza a su izquierda hasta coincidir con los puntos medios; la segunda copia, que es el tercer módulo, repite los movimientos. Los siguientes tres se mueven del mismo modo, pero hacia la derecha.

Serpiente

El segundo módulo se desliza hacia la derecha, luego una flexión de 45 grados a la izquierda y terminan las aristas en el punto medio. Los demás se desplazan a la derecha, alternan flexión a la derecha e izquierda para terminar en puntos medios.

Nauyaca

Primero se mueve a la derecha y después gira sobre la cara hacia la izquierda. Los módulos completan la escultura haciendo los mismos movimientos.

Áspid

Igual que en la escultura anterior, el segundo y séptimo se proyectan hacia la derecha y giran a la izquierda, del tercero al sexto se proyectan a la derecha y giran a la derecha.

Hexagonal

Proyección a la derecha y flexión de 60 grados en el vértice hasta cerrar el ciclo hexagonal.

Conclusiones

El objetivo de esta tesis fue describir el proceso constructivo de las esculturas en metal y su digitalización para su animación por computadora con el fin de ver las esculturas en movimiento. La aportación de este trabajo consiste en que la digitalización permitió observar, no sólo la escultura en movimiento, sino visualizar la formación de cada pieza a partir de uno de sus módulos. Al analizar los aspectos y características geométricas del módulo, se encontró que a partir de las ilustraciones de los poliedros de Da Vinci, se interpreta el cubo en su forma “sólida” y “vacía” y su relación con el concepto escultórico de “espacio envolvente” (negativo) y “espacio contenido” (positivo). Estos conceptos también se encuentran en la obra Escher, Lewitt y el módulo en su representación en el plano y su construcción en el espacio, así como el concepto de ambigüedad en el Cubo de Necker.

Por otro lado, sobre los conceptos del arte cinético, se concluye que el movimiento en la escultura puede ser regular y continuo si es producido por un mecanismo, como en *Construcción Cinética* de Gabo, o irregular y caótico si está suspendido como en los *Móviles* de Calder. Mientras que, en la *Animación de la escultura modular*, la relación del observador/espectador con el objeto en movimiento en el ambiente digital se percibe en tiempo y espacio virtual. Ahora bien, para comprender la idea de movimiento en la escultura, podemos entender la relación: “sujeto-objeto-movimiento-espacio-tiempo”, en función con el concepto de *La Cuarta Dimensión*, la cual puede concebirse o interpretarse, ya sea como temporal, o como espacial, de acuerdo con las definiciones de Gabo, Munari, Apollinaire y Arnheim, entre otros.

Básicamente, la geometría distingue, 0, 2, 3, 4 y n dimensiones espaciales, mientras que, en el caso de la animación, la dimensión temporal relaciona el movimiento de, la cámara, de los módulos y de la escultura en la dimensión del espacio virtual. Cabe señalar que la cámara en el programa de animación, simula el movimiento del espectador quien rodea la escultura. Finalmente, la escultura digital pierde su materialidad, pero no su objetualidad. La sensación y percepción visual

se expande en el espacio virtual, la imagen y la idea del objeto prevalecen, sin importar la materia que la compone. La idea escultórica se amplía al presentarse en movimiento. Las esculturas en metal en el espacio físico se observan como el resultado de las combinaciones modulares, mientras que, en la animación digital, se visualiza el orden y la secuencia del movimiento y la formación de las piezas en el espacio virtual.

Con la computadora, la manipulación de las esculturas ya no se hace con el tacto y la materia; se ha digitalizado a través del teclado en valores numéricos, lo cual plantea “una nueva configuración de los elementos en el espacio basada en coordenadas matemáticas” como lo señaló Vantongerloo en 1918. Por otro lado, si con la escultura del minimal cambió la noción de escala, espacio, forma y objeto, especialmente en la relación arte-objeto y objeto-espectador. Con la escultura digital cambia en la relación entre “sujeto-objeto-espacio-tiempo-movimiento”. En el proceso digital se manipula el tiempo donde la secuencia del movimiento es tan importante como la forma del objeto.

La importancia del proceso digital radica en el análisis e interpretación de la estructura formal de la escultura análoga para determinar la secuencia de animación, así como la de suponer otras secuencias, donde el programa las genere automáticamente de modo que los módulos aparezcan de manera aleatoria hasta configurar una escultura, luego moverse y ordenarse de acuerdo con la forma de la siguiente escultura y sucesivamente hasta completar el ciclo de doce esculturas. El proceso es más complejo y tiene más variables, da ahí que pueda desarrollarse en proyectos ulteriores.

Bibliografía.

1. ARNHEIM, Rudolf, *Arte y percepción visual: psicología del ojo creador*, traducción de María Luisa Balseiro, Alianza, Madrid, 2002.
2. BAKER, Kenneth, *Minimalism: art of circumstance*, Abbeville, New York, c1988.
3. BERTOLA, Elena de, *El arte cinético: El movimiento y la transformación: análisis perceptivo y funcional*, Nueva visión, Buenos Aires, 1973.
4. BORGES, Jorge Luis, *El libro de arena*, Penguin Random House, España, 2011.
5. CHIPP, Herschel B, *Teorías del arte contemporáneo, Fuentes artísticas y opiniones críticas*, Akal, Madrid, 1995
6. COHEN, Jozef, *Sensación y percepción visuales*; versión en español Francisco González Aramburo, Trillas, México, 1973.
7. CRITCHLOW, Keith, *Order in Space, A Design Source Book*, Thames & Hudson, London, 1969.
8. EDER Rozencwaig, Rita, *Helen Escobedo. La Escultura Contemporánea en México y las Propuestas de Helen Escobedo*, UNAM, México, 1982.
9. GUBERN Roman, *Del bisonte a la realidad virtual: la escena y el laberinto*, Anagrama, Barcelona, 1996.
10. KASSNER, Lily S., *Mathias Goeritz*, UNAM, INBA, México, 2007.
11. KASSNER Lily, *La escultura monumental en México y el cambio en el paisaje urbano a partir de 1950*, Revista Porto Arte: Porto Alegre, V. 16, No 27, noviembre 2009 <http://www.seer.ufrgs.br/PortoArte/article/viewFile/18182/10694>

12. KRAUSS, Rosalind E., *Pasajes de la escultura moderna*; traducción Alfredo Brotons Muñoz, Akal, Madrid, c2002.
13. LIPPARD, Lucy R. *Seis años: la desmaterialización del objeto artístico de 1966 a 1972*, traducción, Ma. Luz Rodríguez Olivares, Akal, Madrid, 2004.
14. MADERUELO, Javier. *La idea de espacio en la arquitectura y el arte contemporáneos 1960-1989*, Akal, Madrid, primera reimpresión, 2010.
15. *Minimal art: a critical anthology*, edited by Gregory Battcock; introduction by Anne M. Wagner, University of California Press, Berkeley. 1995.
16. MUNARI, Bruno, *Diseño y comunicación visual. Contribución a una metodología didáctica*, Gustavo Gili, Barcelona, 1993.
17. POINCARÉ, Henri, *Filosofía de la ciencia*, selección e introducción de Eli de Gortari, Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Publicaciones, 1964.
18. POPPER, Frank, *Origins and development of kinetic art / translated by Sopen Barn*, Studio vista, London, 1968.
19. READ, Herbert, *Imagen e idea. La función del arte en el desarrollo de la conciencia humana*, Fondo de Cultura Económica, México, 1985.
20. SAGAN, Carl, *Cosmos*, traducción de Miguel Muntaner, Planeta, México, 1985.
21. SIENFUENTES Gerardo, *Cuadro por cuadro, Historia y evolución de la animación por computadora*, Muy Interesante, año 29, No. 8, agosto 2012, Documento, pp 98-101.

22. STANGOS, Nikos, *Conceptos del arte moderno: del fauvismo al posmodernismo*, traducción de Hugo Mariani, Destino, Barcelona, 2000.
23. Varios autores, *Conceptos fundamentales del lenguaje escultórico*, Akal, Madrid, 2006.
24. WONG, Wucius, *Fundamentos del diseño*; versión castellana de Homero Alsina Thevenet y Eugeni Rosell, Gustavo Gili, Barcelona, 2014.
25. Video Exposición *Espacio y Volumen*: <https://drive.google.com/drive/folders/0B04tFpfui311OHRFa3hMSV9zOVE>
26. Video Animación Escultura Modular: <https://drive.google.com/drive/folders/0B04tFpfui311OHRFa3hMSV9zOVE>