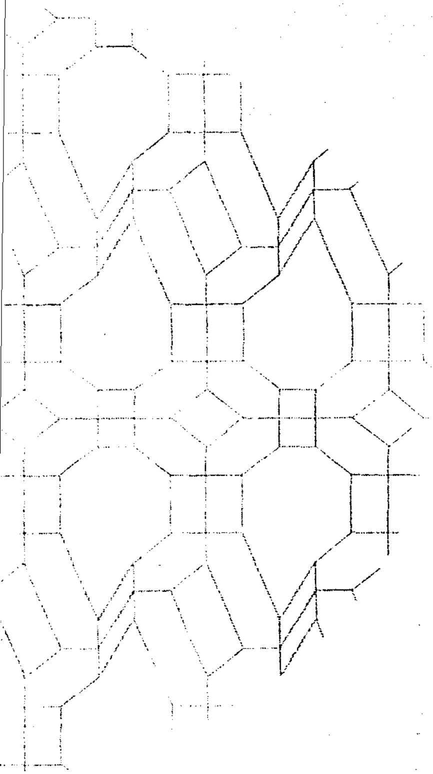


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ARTES PLÁSTICAS

"ELEMENTOS DE LA TEORÍA DE LA SIMETRÍA APLICADOS AL DISEÑO GRÁFICO

MANUAL DE MORFOLOGÍA"

Acompañado de material didáctico.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADA EN DISEÑO GRÁFICO

PRESENTA

ELIZABETH CRUZ BARRIOS

DIRECTOR DE TESIS

LIC. FRANCISCO ROMERO BOLIO

MÉXICO, D.F. 2002

Paginación

Discontinua

2

A Dios

Gracias por otorgarme la existencia, por guiarme e iluminarme,
por brindarme la oportunidad de ser mejor,
por todo lo que me regalas día con día,
nunca permitas que me aparte de ti.

A San Judas Tadeo

Gracias por tu protección y amparo,
por la esperanza y el aliento para seguir.

A ti Papá

Gracias por tu amor, por los bellos momentos,
por tus enseñanzas, por conducirme a ser lo que soy,
donde quiera que estés te dedico especialmente este esfuerzo,
te amaré siempre.

A ti Mamá

Gracias por tu inmenso amor, por tu fortaleza, por tu sabiduría,
por tu entrega, por tu fe y gran dedicación para conmigo siempre,
por tu compañía, por brindarme lo mejor de ti,
por tu infinita paciencia y apoyo para lograr lo que anhelo,
espero nunca defraudarte, te amo.

A mis queridísimos hermanos

Gracias a Patricia, Esperanza, Pedro, Ambrosio y Judith,
por su amor, por su compañía, por su guía,
por su confianza y apoyo incondicional,
por ser el pilar de mi vida, los amo a todos.

A mis preciosos niños

Mil gracias a Carla, Paulina, Lorena, Eduardo, Rodrigo y Alejandro,
por su inocencia y amor, por sus sonrisas y travesuras,
por ser la inspiración de tantas cosas,
por despertar en mí lo más hermoso que tengo,
los adoro.

A toda la familia

Gracias por colaborar en mi formación, por la convivencia,
por formar parte de mi historia, los quiero.

A ti

Gracias a mi gran amor, por lo vivido,
por haber llenado mi corazón, por sus enseñanzas,
por impulsarme a seguir adelante,
simplemente te amo.

A ti mi querido Omar

Gracias por tu amistad, por lo compartido,
por tu amor y gran entrega, dejaste un recuerdo imborrable,
estarás conmigo siempre.

A Eduardo

Para ti, mi ángel de la guarda,
no tengo palabras para expresar el profundo agradecimiento
por tu amistad y ayuda invaluable durante tantos años,
sin tu apoyo nada sería como es,
te quiero y admiro.

A mis amigos

Infinitamente gracias por todo su amor, comprensión,
compañía, consuelo, auxilio y complicidad,
por estar incondicionalmente cuando los he necesitado,
con ustedes estaré siempre.

Janet y Beatriz

Gracias por su cariño, profesionalismo y empeño,
por aliviar mi alma, por reconfortarme
y ayudarme a encontrar mi camino.

Fernando y Martha

Gracias a ustedes y a Avant Graph por la oportunidad,
por el aprendizaje y la experiencia profesional,
por el aprecio y gran apoyo recibido siempre,
por todas las facilidades para culminar este trabajo.

A a mis compañeros de trabajo

Especialmente gracias a ustedes, por su cariño,
por su colaboración, por su esfuerzo y paciencia,
sin ello difícilmente hubiera llegado hasta aquí.

A Francisco

Gracias a ti, mi director de tesis, por ser mi instructor y guía,
por tu apoyo e infinita paciencia durante largos años,
para ti mi estima, mi admiración y respeto.

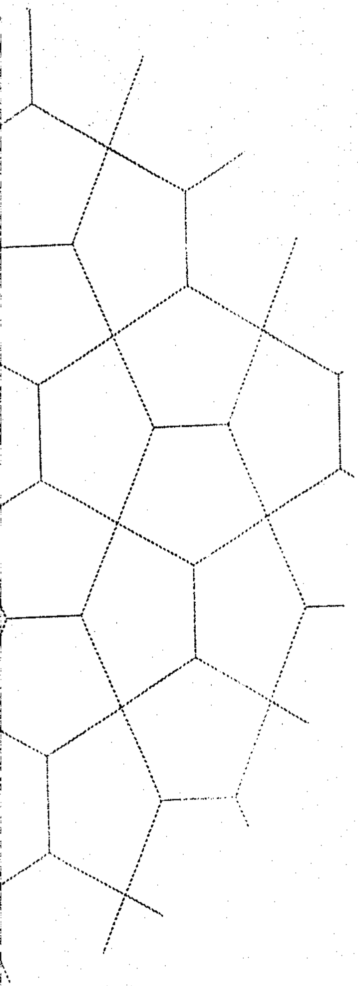
A mis sinodales

Gracias a Joaquín, a Adrián, a Patricia y a Martha Rosa
por el interés y el soporte brindado.

Gracias a todos los profesores que intervinieron
en mi educación y formación como profesionista.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México,
y particularmente a la Escuela Nacional de Artes Plásticas,
por permitirme ser parte de ellas y haberme otorgado
la oportunidad de terminar una carrera.

Liz



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

Dentro del programa de estudios que la Universidad Nacional Autónoma de México ha diseñado para la Licenciatura en Diseño y Comunicación Visual en la Escuela Nacional de Artes Plásticas, se imparten las materias de Morfología I y II —su antecedente en la carrera de Diseño Gráfico fueron las asignaturas de Genesa I y II—. Después de cursar el nivel básico, los alumnos que eligen en el nivel profesional las orientaciones de Diseño Editorial o Simbología y Diseño en Soportes Tridimensionales, cursan en el quinto semestre la materia de Morfología I, y en el sexto semestre Morfología II.

El programa que contempla estas materias, esencialmente está basado en el análisis del origen de la forma, y los elementos y características que posee la misma, incluyendo parte de la Teoría de la Simetría, que tiene por objeto el estudio de los fenómenos morfológicos para la generación de sistemas. Dada la naturaleza de la materia, los alumnos deben poseer ciertos conocimientos previos que sirvan como base para entender los nuevos conceptos que se aprenden en Morfología I y II, y así, poder aplicarlos en los semestres subsecuentes y obtener mejores resultados en la práctica.

Tomando en cuenta que cada año el alumnado de Morfología I y II es aproximadamente de 200 alumnos, y dadas las características intrínsecas de dichos cursos, existe un alto índice de reprobación, entre las razones que los mismos catedráticos aducen a este fenómeno destacan:

1. La carrera de Diseño y Comunicación Visual en algunos casos atrae equivocadamente a jóvenes que se rehusan al estudio de las ciencias exactas, por creer que esta licenciatura es puramente artística. Al estar la materia de Morfología, entre otras, íntimamente ligada a las matemáticas, a la geometría y en general al pensamiento lógico, provoca en dichos alumnos cierto conflicto, que en algunos casos es la razón por la que la materia no es aprobada.

2. Otra de las causas, tanto para los alumnos como para el profesorado, es la falta de apoyo didáctico que sirva de guía de estudio para recordar las clases y sea ejemplo visible de los ejercicios que se deben ejecutar.

3. Como promedio, los cursos de Morfología I y II se imparten en 48 horas efec-

tivas de clase en cada semestre, en las cuales se estudia teoría y práctica; el profesor invierte muchas horas en impartir la teoría para lograr que quede entendido el tema por el grupo, quedando muy poco tiempo para el desarrollo de la práctica, y la entrega de trabajos se torna difícil.

4. Los alumnos carecen de un método para la elaboración de las prácticas, lo que provoca que se invierta más tiempo del necesario en su realización, y en ocasiones el resultado no sea el correcto.

5. La falta de bibliografía completa y actualizada enfocada expresamente al Diseño, es también un problema para la materia de Morfología.

6. La carencia de disciplina en el estudio y la lectura, por parte de los alumnos, provoca que no logren interpretar los textos adecuadamente.

Por todo lo anterior, se ha pensado en la necesidad de realizar un manual de consulta para un segmento de las materias de Morfología I y II, que contemple tanto la teoría como la práctica que se imparten en los cursos sobre una parte del tema de la Simetría. Dicho manual servirá como apoyo didáctico al profesor, y al mismo tiempo como texto guía a los alumnos que cursen esta materia, sin que ello excluya la consulta bibliográfica alterna por parte de catedráticos y estudiantes.

Este tema resulta de especial interés en primer lugar por aprovechar la oportunidad de dar solución a uno de los múltiples problemas con los que se enfrenta la Licenciatura en Diseño y Comunicación Visual en la Escuela Nacional de Artes Plásticas; por otra parte, se pretende explotar la facilidad para la comprensión de la materia de Morfología, y el gusto particular por todo lo relacionado con la geometría y el análisis de la forma. Al mismo tiempo, con la realización de esta investigación, se persigue cumplir con el compromiso personal y profesional para obtener el título de la Licenciatura en Diseño Gráfico.

ANTECEDENTES

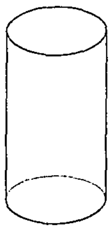
Si se observa todo lo que existe a nuestro alrededor se verán un sinfín de cosas diferentes, objetos materiales con formas diversas. La forma es una característica intrínseca de la materia, cuando ésta se presenta en su estado sólido o líquido (adoptando la forma del recipiente que lo contiene), por lo tanto, en este sentido, toda materia tiene forma y toda forma es materia.

A la percepción de la **forma** se le denomina **figura**, de tal manera que los objetos materiales constituyen las formas, y la percepción que cada quien tenga de ellas son las figuras; por consiguiente la figura es relativa y cambiante, ya que depende de quién y cómo la perciba. Por esta razón este estudio se enfocará a la forma y no a la figura.

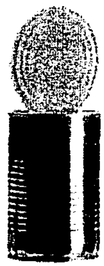
A la unión de varias formas se le llama conformación y ésta puede estar constituida por formas iguales, semejantes o distintas pero afines; de tal manera que varias formas pueden integrar un conjunto determinado, ya sea natural o cultural.

El hombre al observar la naturaleza y las formas que en ella existen, empieza a reproducirlas y a geometrizarlas, es decir, a estudiarlas y conceptuarlas mediante fórmulas matemáticas; de esta manera nacen las **formas geométricas**, producto de la mente, que posteriormente se aplican y son la base para la creación de formas culturales. De tal manera, las **formas culturales** son aquellas no naturales que han sido creadas por el hombre, hechas muchas veces con base en las formas geométricas y que son creadas con un fin específico. Por ejemplo, si se observa la forma natural de un árbol y se geometriza, se tiene como resultado un cilindro, que sirve de base para crear una lata, que en este caso es la forma cultural.

Forma natural



Forma geométrica

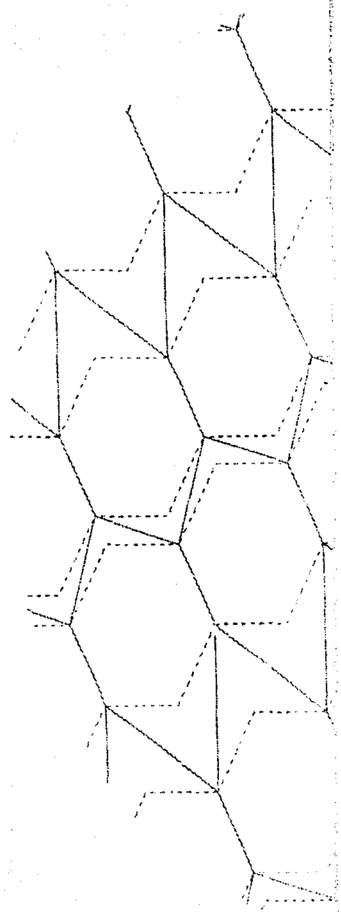


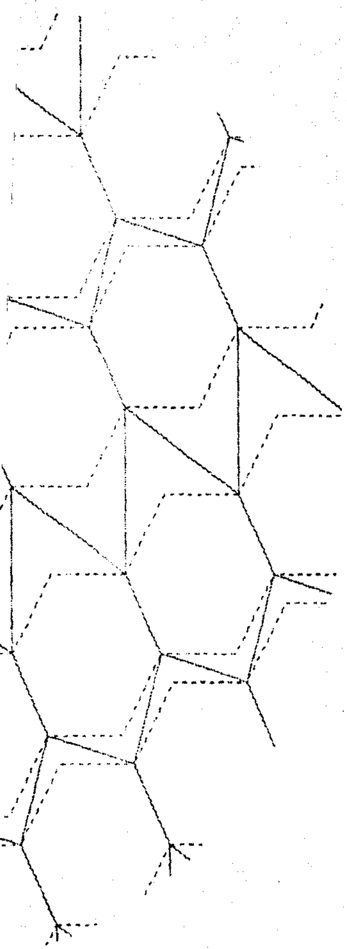
Forma cultural

Durante el estudio de las formas naturales el hombre fue agrupándolas y clasificándolas dependiendo de su aspecto y estructura; de la misma manera lo fue haciendo con las formas geométricas, llegando a definir como un grupo básico a las formas geométricas regulares más simples, las cuales son la base de cualquier otra forma más compleja.

De esta manera va surgiendo una clasificación y organización de formas, y dependiendo de la armonía y/o regularidad de sus elementos integrantes esta clasificación llega al concepto de **Simetría**, el cual es la relación lógica existente entre los elementos que constituyen una unidad, ya sea ésta una forma o un conjunto de formas agrupadas con determinado orden y entre las cuales existe una relación de concordancia. La palabra simetría proviene del griego *sy'mmetros* y es definida como la *armonía resultante de ciertas posiciones de los elementos que constituyen un conjunto. Repetición de un órgano en relación con una línea o un plano...*[1] Wolf y Kuhn la definen como *...mensurado, adecuado, proporcionado, de proporción adecuada, de medida conveniente o también en el momento oportuno, e indica la posición que ocupan las partes de un todo entre sí.*[2] Jacques Nicolle afirma que *según los griegos la palabra Simetría, por su origen griego significa "con medida" (sun:* con; *metron:* medida) *y en su sentido más general aplica una idea de armonía, de equilibrio.*[3]

En una de las definiciones anteriores se habla de la repetición de una forma con respecto a una línea o plano, es decir, se menciona exclusivamente la simetría axial —la cual se explicará posteriormente— esta definición ha sido tomada equivocadamente como válida y única durante mucho tiempo; incluso, en la actualidad, por parte de muchas personas existe la idea de que la condición de simetría se logra única y exclusivamente en la reflexión especular o simetría axial, cuando en realidad este concepto abarca mayor campo y tiene diversas formas de expresión. En el arte y la naturaleza la simetría ha sido percibida y aplicada desde la antigüedad, y si se analizan detenidamente todas las definiciones anteriores de simetría se observa que dada la basta gama de ideas que engloban, fue necesario dividirla y/o clasificarla, es así como nace el concepto de Teoría de la Simetría, que abarca la totalidad de pensamientos acerca de ella, como lo son la antisimetría, la simetría del color, las operaciones de simetría y las clases de simetría, entre otras.





Bonsiepe define a la Teoría de la Simetría como *el estudio de los fenómenos morfológicos en los que se han considerado, respetándolas, las siguientes condiciones:*

- *Tienen que repetirse elementos capaces de constituir una configuración.*
- *Debe existir entre los elementos una relación de igualdad o semejanza.*
- *Debe darse un principio generativo que determina la posición preferencial de los elementos que constituyen un todo.*[4]

Por lo tanto, y de acuerdo con lo mencionado, la **Teoría de la Simetría** tiene por objeto el estudio de los fenómenos morfológicos, es decir, del comportamiento de los elementos formales o formas, y de las relaciones y modificaciones existentes entre ellas, para lo que son indispensables tres condiciones:

1. Que existan varias formas o elementos formales.
2. Que entre los elementos formales exista alguna relación de igualdad, semejanza o afinidad.
3. Que exista un principio de orden entre las formas o elementos formales, es decir, que tenga cierta organización.

La Teoría de la Simetría llega a su maduración durante el siglo pasado, y es hasta entonces que se comienza a definir la transformación que pueden sufrir las formas geométricas mediante la rotación, reflexión y traslación; con lo que nace el concepto de operaciones de simetría.[5-6]

Fueron Wolf, Kuhn y Bonsiepe quienes por primera vez realizaron estudios a fondo sobre operaciones y clases de simetría, dando lugar a una amplia clasificación de la forma.

Por otra parte, Shubnikov y sus colaboradores expandieron el concepto de operaciones de simetría, agregando las operaciones de transformación en redes, y definieron a la simetría como *la ley que gobierna la constitución de la estructura de los objetos, o, más precisamente, el grupo de automorfismos que conserva la unidad cualitativa de los sistemas.*[7]

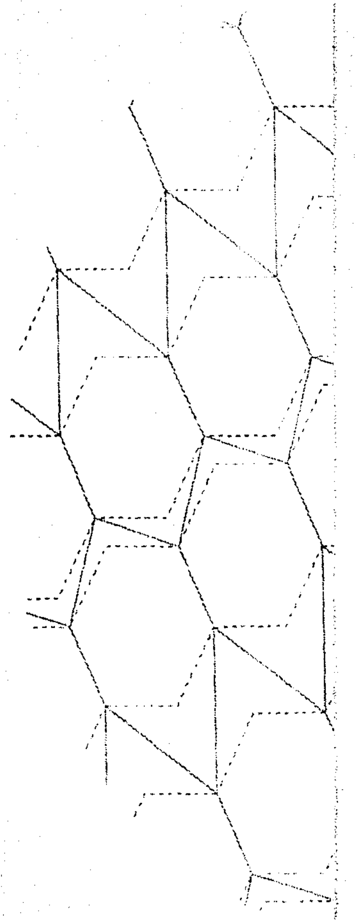
Wolf y Kuhn dicen que la manifestación de la simetría se da en *la repetición regular de motivos y circunstancias similares o iguales, parecidas o afines;*[8] con lo que integran el concepto de operaciones de simetría, mencionando, además, el ordenamiento de los órganos de simetría, planos o rectas, que dan lugar a dichas operaciones.

En la actualidad existen varios autores que han estudiado y escrito sobre el tema, y aunque entre ellos hay diferencia en cuanto a definiciones y aplicaciones, también existe unanimidad en cuanto a dos segmentos de la Teoría de la Simetría, clases y operaciones de simetría.

Estos dos segmentos sirven, en general, para organizar parte de los conceptos que abarca la simetría, ya que cada uno de los puntos que cubre cada segmento tiene una expresión específica y diferente a los demás. En general, la aplicación de cualesquiera de los puntos, ya sea de las clases o de las operaciones, es de suma importancia para el Diseño y la Comunicación Gráfica, el Diseño Industrial y la Arquitectura, entre otras profesiones.

La aplicación de la Teoría de la Simetría en el Diseño va desde el agrupamiento de varios elementos diferentes, hasta la construcción de redes con elementos iguales y repetitivos. Cada una de las posibles aplicaciones que tiene esta teoría posee características propias y diferente grado de pureza en cuanto a simetría se refiere. Un ejemplo de agrupamiento de elementos gráficos diferentes es un cartel, en él existen tipografía diversa, algún logotipo o símbolo, e ilustraciones o fotografías; estos elementos aisladamente no tienen relación alguna, sin embargo, dentro del cartel cobran sentido, se tornan afines y se presentan como parte de un todo, esto hace que exista simetría. Pasando por los ejemplos donde existe simetría cada vez más completa y compleja se llega al caso extremo de las redes formadas por elementos iguales, dichas redes sirven como base para diseños de tapices, telas, estampados de alfombras y en general, para el desarrollo de cualquier aplicación gráfica.

El conocimiento de la forma a través de la simetría y en general toda la Teoría de la Simetría son importantes para el desarrollo del Diseño y para quienes lo practican, ya que aunque en la actualidad éste haya evolucionado y en muchos casos no se presente rígido o académicamente justificado, esta teoría sirve como base para crear diseños vanguardistas, libres y aparentemente asimétricos.



Citas bibliográficas

1. AAVV, *Diccionario enciclopédico Larousse*, Barcelona, España, Planeta Internacional, 1992, vol. 7, p. 2209.
2. Cfr. K. L. Wolf y D. Kuhn, *Forma y simetría: Una sistemática de los cuerpos simétricos*, Buenos Aires, Argentina, EUDEBA, 1969, p. 7.
3. Jacques Nicolle, *La simetría*, Buenos Aires, Argentina, Mirasol, 1981, p. 9.
4. Gui Bonsiepe, *Teoría y práctica del diseño industrial: Elementos para una manualística crítica*, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1978, p. 161.
5. Cfr. A. V. Shubnikov, *Symmetry in Science and Art*, New York, N.Y., U.S.A., 1974, p. V.
6. *Ibid.*, capítulo 7, p. 129.
7. *Ibid.*, p. X.
8. K. L. Wolf y D. Kuhn, *op. cit.*, p. 7.

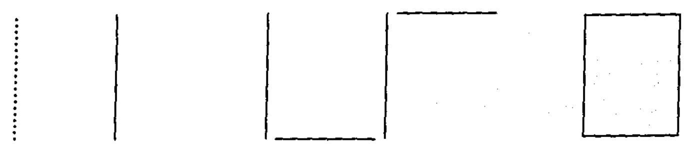
CAPÍTULO I

CLASES DE SIMETRÍA

I. Antecedentes

Si se analizan los diferentes elementos formales o formas que están a nuestro alrededor, se verá que todos están integrados por varios componentes, elementos simples que al conjugarse dan como resultado esas conformaciones; es decir, todas las formas o elementos formales tienen algún grado de complejidad ya que están integrados a su vez por otros elementos más simples que son la base de toda conformación, puesto que no existe otra unidad más simple, estos elementos o unidades simples son las **partes elementales**. Bonsiepe las define como, *parte elemental: una configuración privada en sí misma de simetría.*[1] Por ejemplo, para poder integrar un cuadrado es necesaria la existencia de cuatro líneas rectas iguales en longitud y dispuestas a 90° una con respecto de otra, cada una de las rectas es una parte elemental, que al integrarse con las otras hace posible la existencia de una forma o elemento formal, en este caso un cuadrado. Este mismo cuadrado, a su vez, es parte elemental de otro sistema más complejo, ya que al conjugarse con otros cuadrados da como resultado una red de cuadrados o de cubos.

También cada una de las líneas rectas del cuadrado es una forma o elemento formal, ya que están integradas por varios puntos que son las partes elementales; esto es correcto, sin embargo, no es prudente llevar el ejemplo a tal extremo, ya que podría crear confusiones. Por lo tanto, en este caso y en la mayoría de los que se mencionen en cuanto a la forma, los componentes más simples o partes elementales son líneas y no puntos.



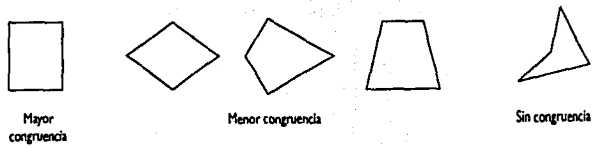
Partes elementales — Forma o elemento formal — Partes elementales — Forma o elemento formal

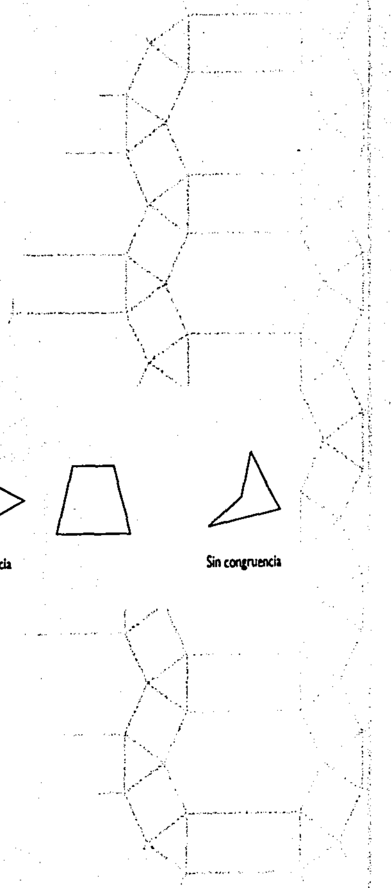
Cada elemento formal o forma constituye un motivo, Wolf y Kuhn dicen que, ***las partes elementales** de la observación de la simetría ya no son figuras (espaciales, temporales u otras), relacionadas entre sí, sino "motivos".*[2] Bonsiepe define como *"motivo" elemental: el más pequeño reagrupamiento de partes elementales por los que se explica una repetición.*[3] Por lo tanto, la forma o **motivo**, como se le llamará en lo sucesivo, es la unión de partes elementales que al repetirse ordenadamente o conjugarse con otros motivos similares o diferentes pero afines, da como resultado una conformación, sistema o simetría.

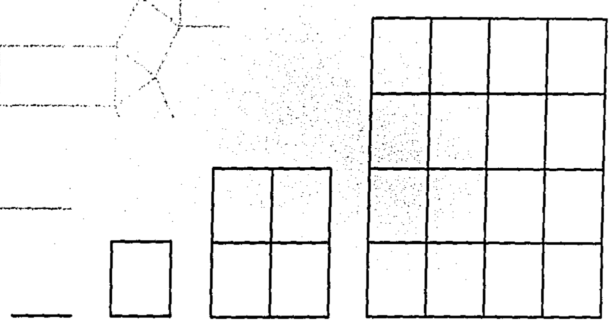
Se sabe que cuatro líneas rectas de igual longitud y unidas entre sí por sus extremos integran un cuadrilátero. En el ejemplo anterior se observa que si la disposición de las cuatro líneas rectas forman cuatro ángulos de 90° el resultado es un cuadrado; pero si la disposición de las cuatro líneas rectas forman dos ángulos iguales mayores y dos ángulos iguales menores, el resultado es un rombo y no un cuadrado.

Al orden lógico en que están dispuestos unos elementos con respecto de los otros es a lo que se le llama **congruencia**, su definición es *conveniencia, oportunidad, ilación o conexión de ideas, palabras, etc.*[4] Conveniente significa *correlación y conformidad entre dos cosas distintas. Decente, proporcionado.*[5] Por lo que una forma tiene congruencia cuando entre sus partes elementales existe proporción y correlación, así, las formas a las que visualmente se está acostumbrado, o que se reconocen fácilmente son las que tienen mayor congruencia por ser lógicas. De tal manera que en los ejemplos anteriores el cuadrado tiene cuatro líneas iguales dispuestas a 90°, y el rombo con las mismas cuatro líneas pero dispuestas dos a 120° y dos a 60° tiene menor congruencia. Y si se tiene un cuadrilátero completamente irregular (obviamente con sus lados desiguales) éste no tiene congruencia, es incongruente.

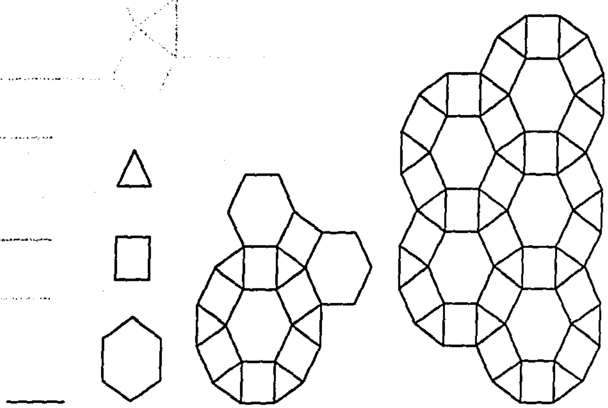
La unión de varias partes elementales iguales, semejantes o diferentes pero afines **A**, da como resultado un motivo **B**; la unión de varios motivos iguales, semejantes o diferentes pero afines da como resultado una muestra **C**, la que se define más adelante; y la unión de varias muestras iguales da como resultado una conformación, sistema o simetría **D**. Se entiende por igual, *que no difiere de otro. Constante, no variable, ...dícese*







A = parte elemental — B = motivo A+A=B — C = muestra B+B=C — D = sistema o simetría C+C=D



A = parte elemental — B = motivos A+A=B — C = muestra B+B=C — D = sistema o simetría C+C=D

de las figuras que se pueden superponer de modo que se confunden en su totalidad.[6] Por semejantes *...dícese de dos figuras distintas sólo por el tamaño y cuyas partes guardan todas respectivamente la misma proporción.*[7] Por afines *próximos, contiguos... analogía de una cosa con otra distinta.*[8] Y por analogía *relación de semejanza entre cosas distintas.*[9]

De tal manera que:

A + A = B B + B = C C + C = D

A = parte elemental
B = motivo
C = muestra
D = sistema o simetría

La palabra unidad significa *propiedad de todo ser en virtud de la cual no puede dividirse sin que su esencia se destruya o altere.*[10] *Cada cosa completa y diferenciada de otras que se encuentra en un conjunto contable. Conjunto de varias partes homogéneas o estrictamente unidas que forman un todo indivisible.*[11] Por lo tanto, una **unidad** es el conjunto de varias partes que forman un todo; en consecuencia, una parte elemental es una unidad, aunque carente de simetría. También un motivo es una unidad, ya que a pesar de que está integrado por varias partes elementales, éstas unidas constituyen un todo, el motivo, que contiene simetría elemental. Una muestra también es una unidad que está integrada por varios motivos, y la simetría que posee es superior a la de un motivo. Por último, un sistema o conformación también es una unidad, ya que a pesar de estar integrada por varias muestras o por varios motivos, la unión de éstos constituye un todo al que se le llama el total de la simetría.

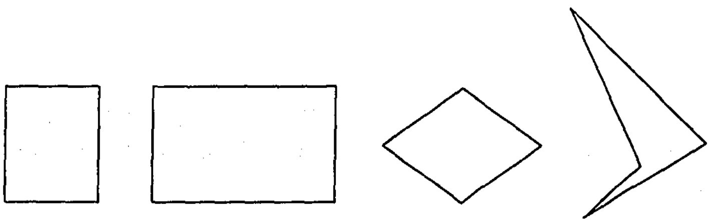
Entre las partes elementales que constituyen un motivo, entre los motivos que constituyen una muestra y/o entre las muestras que constituyen una conformación, sistema o simetría, existe una relación indispensable de concordancia y compatibilidad que permite la integración de cualquier unidad, ésta es la ***coherencia formal.***[12]

La coherencia formal que existe entre las partes elementales que constituyen un motivo, o entre los componentes que constituyen cualquier unidad es llamada *coherencia intraformal.*[13] La palabra coherencia significa *conexión, relación o unión de unas cosas con otras.*[14] La palabra intraformal está integrada por **intra** que significa *dentro,*[15] y por **formal** que significa *perteneciente a la forma.*[16] Por lo tanto, la **coherencia intra-**

formal es la relación que existe dentro de una unidad entre los componentes que la integran, en este caso las partes elementales que constituyen una forma o motivo. En el ejemplo de las cuatro líneas rectas que integran un cuadrilátero, ya sea el irregular, el rombo o el cuadrado, existe una relación de concordancia llamada coherencia intraformal.

simetría, que ya se definió, literalmente significa *armonía resultante de ciertas posiciones de los elementos que constituyen un conjunto;*[21] *proporción adecuada de las partes de un todo entre sí y con el todo mismo.*[22]

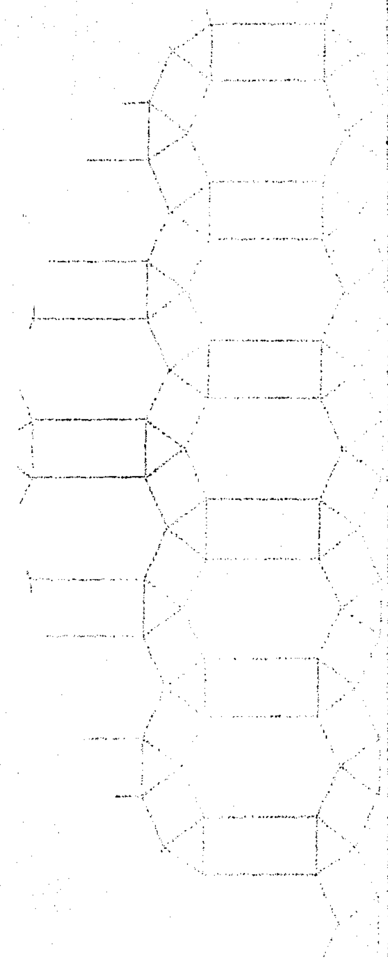
La coherencia formal que existe entre los varios motivos que constituyen una conformación, sistema o simetría, o entre las varias unidades —sean cualesquiera éstas—

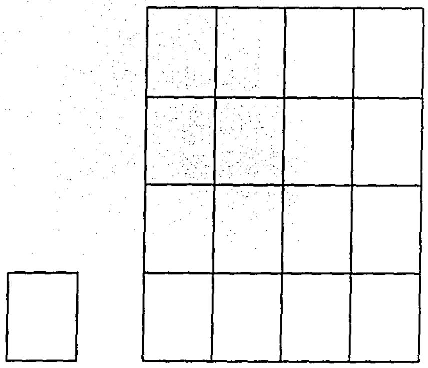


Entre las líneas que constituyen a cada una de las formas existe coherencia intraformal, ya que están integrando una unidad

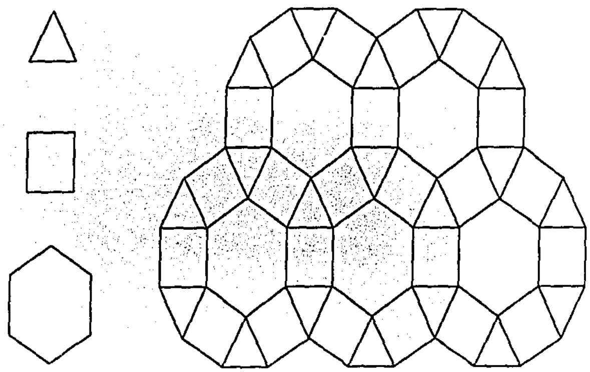
A la unión ordenada de varias formas o motivos iguales, semejantes o diferentes pero afines, se le denomina **conformación, sistema o simetría**. La palabra conformación significa *disposición de las partes que forman una cosa;*[17] *colocación, distribución de las partes que forman un conjunto.*[18] Sistema significa *conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí contribuyen a determinado objeto;*[19] *conjunto ordenado de elementos interrelacionados, entre los que existe una cierta cohesión y unidad de propósito.*[20] El concepto

es llamada coherencia interformal.[23] La palabra coherencia ya se definió como relación, conexión o unión de unas cosas con otras; y la palabra interformal está integrada por **inter** que significa *entre, en medio o entre varios;*[24] y **formal** que también ya se definió como perteneciente a la forma. Por lo tanto, la **coherencia interformal** es la relación existente entre los motivos, formas o unidades que constituyen un sistema, conformación o simetría.





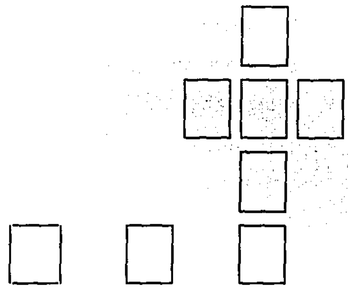
Entre los motivos iguales que integran este sistema o simetría existe coherencia interformal, ya que poseen una relación de concordancia y compatibilidad

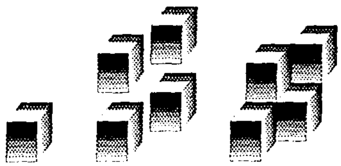


Entre los motivos afines que integran este sistema o simetría existe coherencia interformal, ya que poseen una relación de concordancia y compatibilidad

Si a un cuadrado, que es un motivo, se le agregan otros, por ejemplo varios cuadrados o un triángulo y un hexágono, se tiene como resultado un sistema o simetría que estará constituida por varios motivos, en este caso cuadrados o diversas formas geométricas. A la relación que existe entre uno y otro de todos los cuadrados, o entre las diversas formas geométricas que integran el total de la simetría se le llama coherencia interformal. Cabe mencionar que la coherencia intraformal y la interformal se presentan comúnmente a la vez.

Partiendo del siguiente ejemplo se analiza detalladamente cuándo existe coherencia intraformal y cuándo coherencia interformal: un cuadrado está constituido por cuatro líneas rectas, entre éstas existe coherencia intraformal considerando que las cuatro líneas están integrando un solo motivo o unidad. Por otra parte también existe entre ellas coherencia interformal, tomando en cuenta que cada línea es un motivo o unidad y el cuadrado es la unión de cuatro motivos. Un cubo está constituido por seis cuadrados, cada uno de ellos es una de sus caras, entre estos cuadrados existe coherencia intraformal si se parte de que los seis cuadrados están integrando un solo motivo o unidad, el cubo; pero también existe entre ellos coherencia interformal partiendo de que cada cuadrado es un motivo y el cubo es la unión de seis motivos. Entre los cubos que al integrarse constituyen una red, también existe coherencia intraformal e interformal.



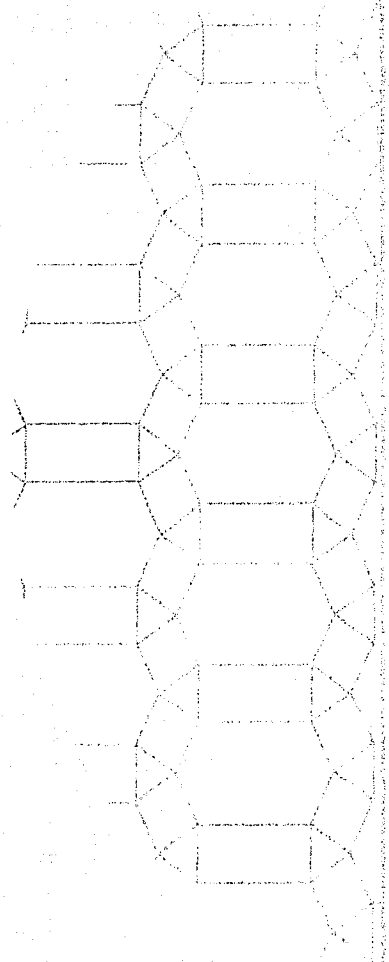


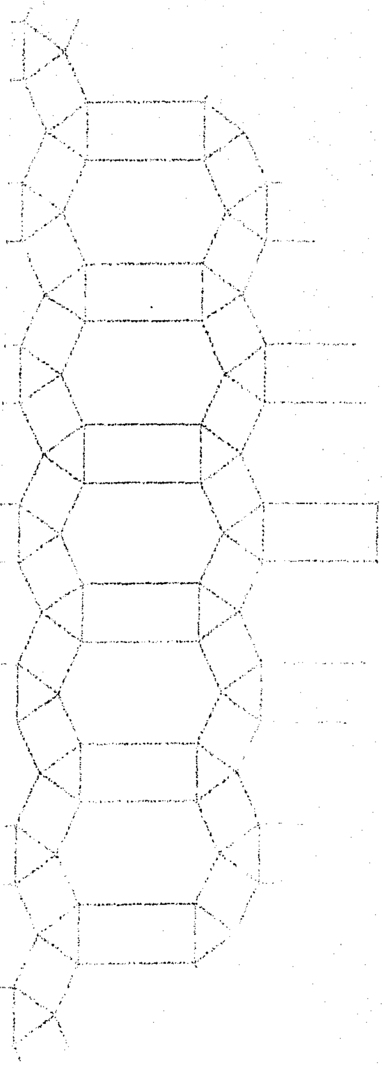
En el capítulo anterior se dijo que la Teoría de la Simetría tiene por objeto el estudio de los fenómenos morfológicos, es decir, del comportamiento de los elementos formales o formas, y de las relaciones y modificaciones existentes entre ellas, para lo que son indispensables tres condiciones:

1. Que existan varias formas o elementos formales.
2. Que entre los elementos formales haya alguna relación de igualdad, analogía, semejanza o afinidad —coherencia—.
3. Que exista un principio de orden entre las formas o elementos formales, es decir, que tenga cierta organización —congruencia—.

No existe sólo un tipo de simetría sino varios, éstos dependen de las características formales iguales, semejantes o diferentes pero afines que presentan entre sí los motivos que la integran, y/o de la relación de concordancia que exista entre ellos. La variedad de simetrías ha sido clasificada y nombrada **tipos de simetría, taxonomía formal o clases de simetría.** La palabra tipo significa *modelo, ejemplar ideal que reúne en un alto grado los rasgos y los caracteres esenciales o peculiares de un género, especie, etc. Clase, categoría, modalidad.*[25] Taxonomía es la *ciencia que trata de los principios de la clasificación.*[26] Y la palabra clase significa *cada una de las categorías en que se pueden clasificar las personas o las cosas según su importancia o su naturaleza. Es un conjunto provisto de una relación de equivalencia, cada uno de los subconjuntos formados por los elementos equivalentes entre sí. Conjunto de objetos que poseen todos, uno o varios caracteres comunes y son los únicos en este caso.*[27]

Por lo que esta clasificación depende de las características intrínsecas de cada una de las simetrías y va desde el orden absoluto, en donde los motivos que la integran son iguales y por consiguiente guardan entre sí una estrecha relación de concordancia, hasta llegar al caos o desorden absoluto, en donde los motivos agrupados son completamente diferentes y no guardan alguna relación entre sí. A este último grupo se le considera todavía clase de simetría porque cumple cuando menos con una de las tres condiciones necesarias mencionadas anteriormente, la existencia de varios motivos agrupados; pero en realidad es sólo un concepto teórico ya que es el extremo de la simetría.





Entre estas dos antagónicas clases de simetría existen otras, en las que las características formales de los motivos que integran la simetría van perdiendo semejanza y/o afinidad entre sí hasta llegar a ser diferentes; sin embargo, entre los motivos, aun entre los completamente diferentes, nunca deja de existir algún tipo de relación; es decir, que para que un agrupamiento de elementos formales o motivos constituya una simetría debe existir entre ellos lo que anteriormente se definió como coherencia intraformal o coherencia interformal.

K. L. Wolf y D. Kuhn, postularon que sólo era posible la existencia de cuatro clases de simetría:

1. *En la* simetría isométrica, *los motivos no son distinguibles entre sí y su disposición se repite uniformemente. El conjunto está determinado por el carácter de los motivos y la posición relativa que ocupan entre sí. Esta clase de simetría se llama isometría debido a la igualdad de los motivos y su repetición regular.*
2. *En la* simetría homeométrica, *los motivos son semejantes entre sí (por ejemplo de igual forma, pero tamaño diferente) y aumentan o se repiten en sucesión monótona, de manera tal que un motivo se modifica con respecto al siguiente en tamaño, posición o situación, según una ley cualquiera.*
3. *En la* simetría catamétrica, *los motivos no tienen (con respecto a su configuración en el espacio y en el tiempo) igual forma y tamaño; pero están vinculados entre sí por una relación común, o sus formas continúan siendo análogas, y su sucesión está vinculada por una ley (por ejemplo, la sucesión de polígonos regulares referidos a la circunferencia, y ordenados según el número de vértices).*
4. *Se dice que hay ametría cuando los motivos no son de ninguna manera iguales, parecidos o afines, ni están relacionados entre sí; es decir, que no hay simetría de ninguna especie.*[28]

Años más tarde, Bonsiepe afirma que en la simetría, dada la igualdad o semejanza de las características de los elementos formales o motivos que la integran, hay una clasificación y menciona la existencia de seis clases de simetría:

I clase: Isometría

Se dice que son isomorfos aquellos elementos que tienen la misma forma y la misma dimensión.

II clase: Homeometría

Se dice que son homeomorfos aquellos elementos que tienen la misma forma, pero dimensiones diversas.

III clase: Singenometría

Se dice que son singenomorfos aquellos elementos deformados de manera afín y proyectiva.

IV clase: Catametría

Se dice que son catamorfos aquellos elementos que ni son congruentes ni afines, pero que están ligados por una común relación interfigural.

V clase: Heterometría

Se dice que son heteromorfos aquellos elementos que no demuestran una relación interfigural, pero sí intrafigural.

VI clase: Ametría

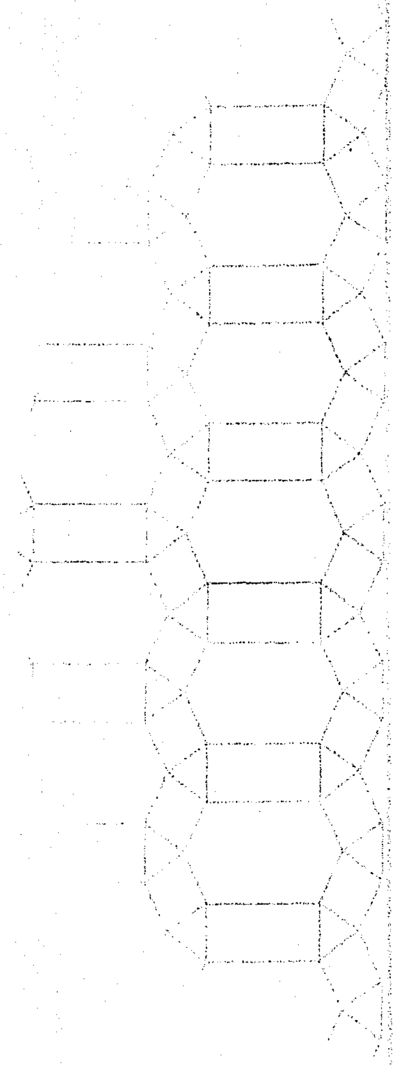
Se dice que son amorfos aquellos elementos que carecen de relación interfigural e intrafigural. La ametría constituye un caso límite de todas las clases de simetría. Posee un mero significado teórico en el ámbito de una taxonomía tendente a un englobamiento completo.[29]

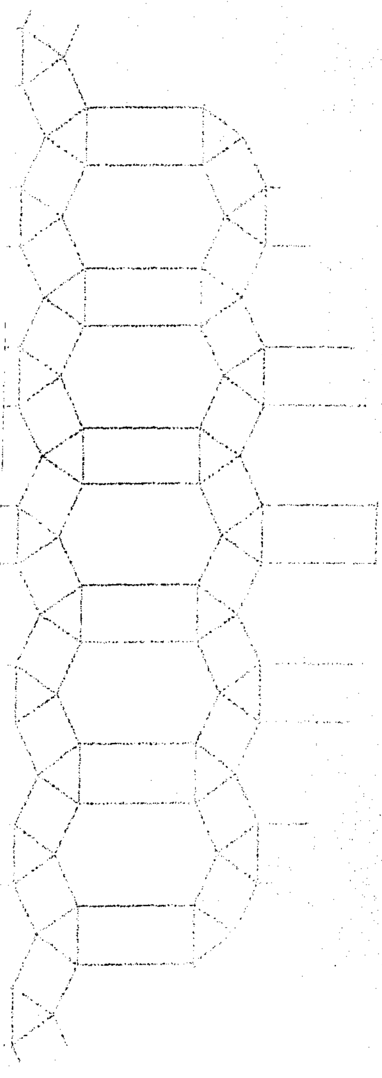
Seguramente por la diferencia de años en cuanto a las primeras ediciones de los libros de Bonsiepe, y de Wolf y Kuhn, estos últimos sólo mencionan la existencia de cuatro clases de simetría. Bonsiepe menciona seis y dice que la isometría y la homeometría eran en esa época las más estudiadas y, por lo tanto, las más conocidas y manejadas. Probablemente en la actualidad ya existan otras clases de simetría dado que la primera edición del libro de Bonsiepe fue realizada hace muchos años, sin embargo, la información que se tomó de este libro es lo más actualizado que se pudo obtener.

Las clases de simetría que se tomarán en cuenta para este estudio y aplicación al diseño, son las mismas seis que menciona Bonsiepe, y se analizan en orden decreciente, es decir, desde la simetría con mayor regularidad y orden hasta la simetría más irregular.

Clases de simetría

1. Isometría
2. Homeometría
3. Singenometría
4. Catametría
5. Heterometría
6. Ametría

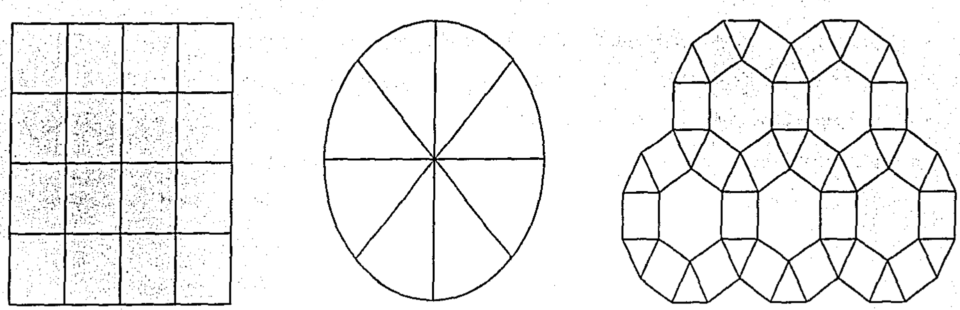




2. Isometría

Las palabras isometría e isomorfo provienen del griego y están compuestas por el prefijo **iso**, que significa *elemento compositivo que entra en la formación de algunas voces españolas con el significado de "igual" o denotando "uniformidad o semejanza";*[30] y por **metría**, proveniente del griego *metron* que significa *norma o modelo; elemento compositivo que entra pospuesto en la formación de algunas voces españolas con el significado de "medida";*[31] o por **morfo**, proveniente del griego *morphê*, que significa *forma o apariencia.*[32] Isometría significa *conformación isométrica. Configuración puntual que conserva la distancia entre dos puntos cualesquiera. De dimensiones iguales.*[33] La palabra isomorfo se refiere a *los conjuntos entre los que existe una relación de isomorfismo. Que presentan la misma forma.*[34] Por lo tanto, la palabra **isometría** significa de modelos y/o medidas iguales, e isomorfo de apariencia o formas iguales.

Son **isomorfos** o **isométricos** los motivos de un sistema o simetría, que poseen la misma forma, el mismo tamaño y son igualmente congruentes, es decir, están dispuestos de la misma manera lógica unos con respecto de los otros.



Ejemplos de isometría

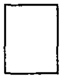
A los motivos iguales que repitiéndolos ordenadamente integran una isometría, Wucius Wong los define como módulos, *cuando un diseño ha sido compuesto por una cantidad de formas, las idénticas o similares entre sí son "formas unitarias" o "módulos" que aparecen más de una vez en el diseño.*[35] También menciona que *un módulo puede estar compuesto por elementos más pequeños, que son utilizados en repetición. Tales elementos más pequeños son denominados "submódulos". Si los módulos, al ser organizados en un diseño, se agrupan juntos para convertirse en una forma mayor, que luego es utilizada en repetición, denominamos patrón o "supermódulos" a estas formas mayores o nuevas.*[36]

La palabra módulo significa *cantidad que sirve de medida... Razón constante;*[37] *proporción que existe entre las dimensiones de los elementos de un cuerpo u obra que se considera perfecto. Unidad que se toma para establecer esta proporción.*[38] Por lo tanto, el **módulo** es el motivo o unión de motivos que se repite varias veces de manera uniforme en un diseño. Es importante destacar que la repetición uniforme de este módulo da como resultado, siempre, el total de un sistema isométrico o isometría.

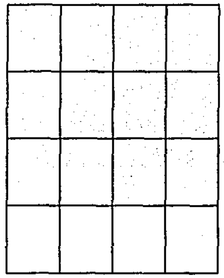
Una isometría está constituida por motivos o módulos que pueden ser iguales o diferentes entre sí. En la isometría en donde intervienen varios motivos diferentes la unión mínima de éstos es un supermódulo o patrón, es decir, constituye una unidad modular. Existen isometrías con módulos de un solo motivo e isometrías con módulos o supermódulos de varios motivos.

En los ejemplos anteriores del cuadrado y del cubo cada uno de ellos es motivo o módulo a la vez. En el ejemplo del hexágono con el cuadrado y el triángulo, cada uno de ellos es motivo o módulo a la vez si a la unión de estos motivos se le llama supermódulo o patrón; pero, si a la unión de motivos se le denomina módulo, cada uno de los motivos es un submódulo.

Wolf y Kuhn dicen que se *denomina muestra elemental al agrupamiento más pequeño de motivos que determina toda la simetría.*[39] La **muestra** es el agrupamiento más pequeño en donde intervienen varios motivos iguales, semejantes o diferentes pero afines entre sí y que repitiéndolos ordenadamente determinan el total del sistema o simetría; sin embargo, es importante des-

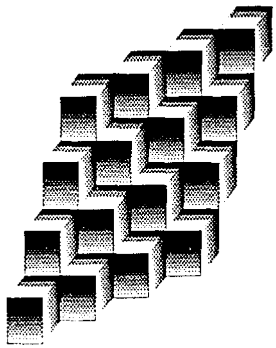


Motivo o módulo



Sistema isométrico o isometría

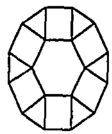
Motivo o módulo



Sistema isométrico o isometría

Motivos o módulos

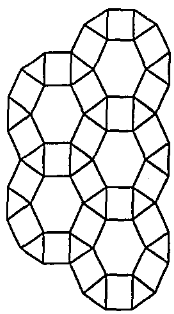
Motivos o submódulos



Supermódulo o patrón

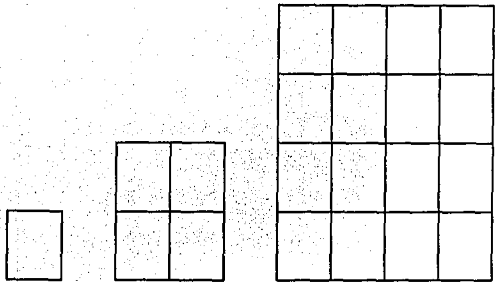
o bien

Módulo

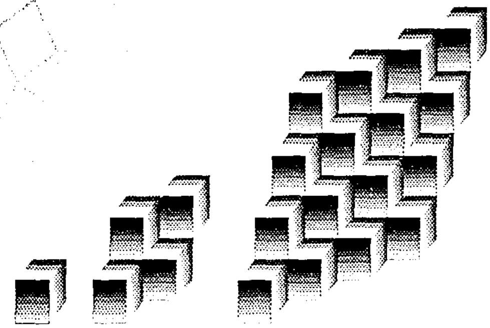


Sistema isométrico o isometría

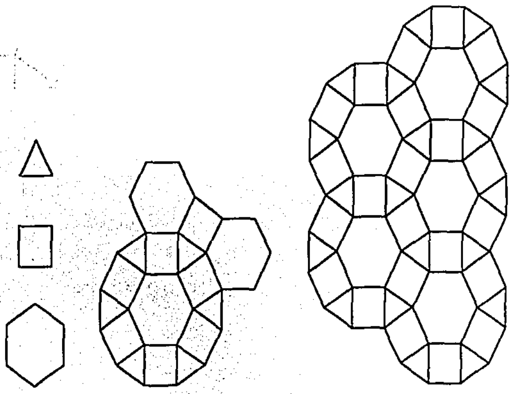
Sistema isométrico o isometría



Motivo Muestra Sistema isométrico o isometría



Motivo Muestra Sistema isométrico o isometría



Motivos Muestra Sistema isométrico o isometría

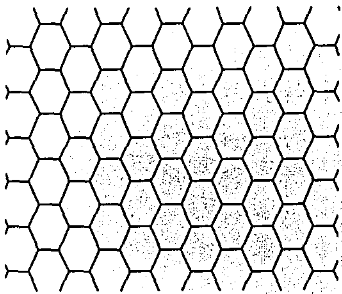
tacar que aunque parezca que los supermódulos o patrones y la muestra son lo mismo, en algunos casos pueden llagar a ser diferentes, ya que en la muestra en ocasiones deben existir motivos adicionales que hagan evidente la repetición correcta.

Las redes, que se analizarán en el capítulo III, son isométricas porque son el resultado de la unión de varios módulos isomorfos, es decir, están constituidas por motivos iguales y dispuestos de la misma manera.

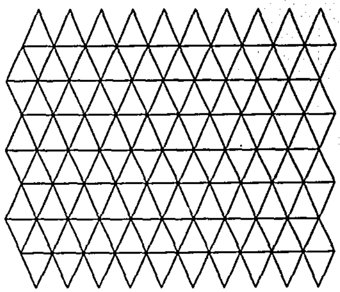
Así como existen varias clases de simetría que dependen de las características formales y de la concordancia de sus elementos, se considera que el estudio de la isometría también puede dividirse en tres tipos, dadas las variaciones que se presentan en ella. A continuación se explican los tipos de isometría.

Isometría de primer grado

La isometría de primer grado o nivel es aquella en la que no existe alguna variación en los motivos ni en el orden o disposición con que se presentan. En esta isometría se tiene el mismo motivo repetido infinidad de veces y la disposición o frecuencia entre los motivos se mantiene constante en cualesquiera direcciones, por lo que las muestras son iguales, equidistantes y por lo tanto completamente homogéneas, tanto en su forma como en su disposición. La palabra frecuencia significa *repetición a menudo de un acto o suceso.*[40]

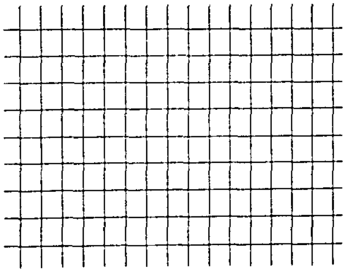


Red de hexágonos

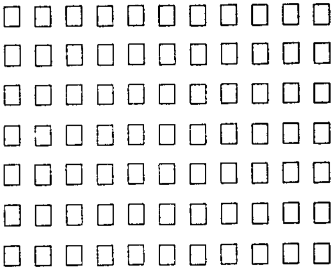


Red de triángulos equiláteros

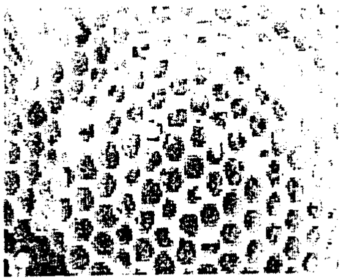
Isometrías de primer grado

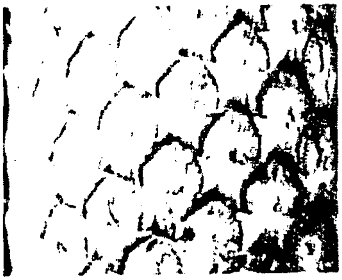


Red de cuadrados

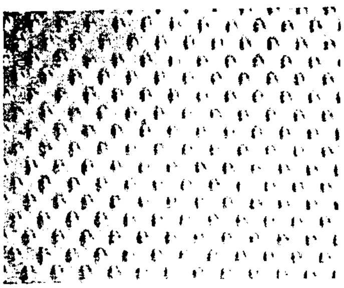


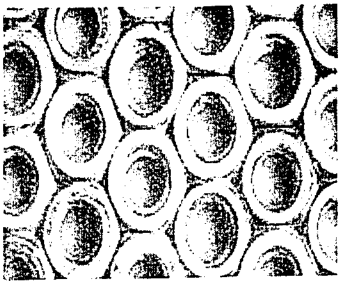
Retícula de cuadrados





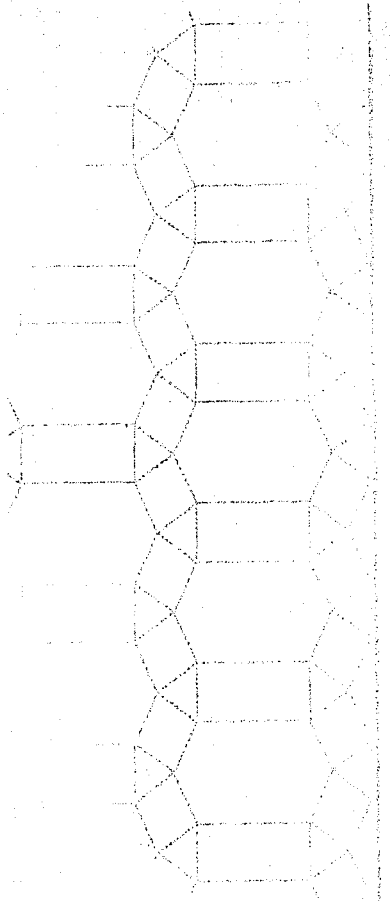
Isometrías naturales
(tomándolas en cuenta bidimensionalmente)

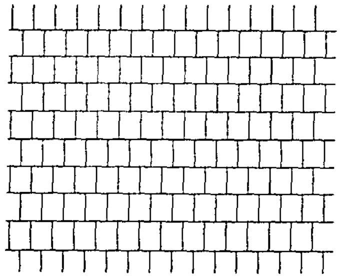




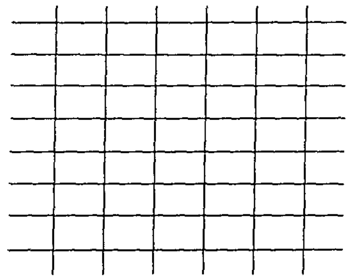
Isometrías artificiales

Isometrías de primer grado

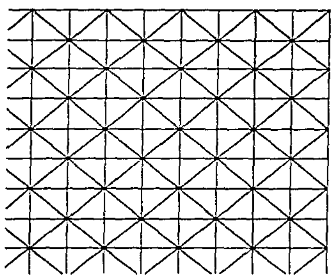




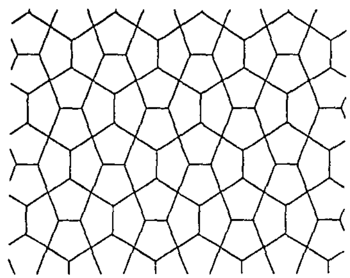
Red de cuadrados



Red de rectángulos



Red de triángulos áureos

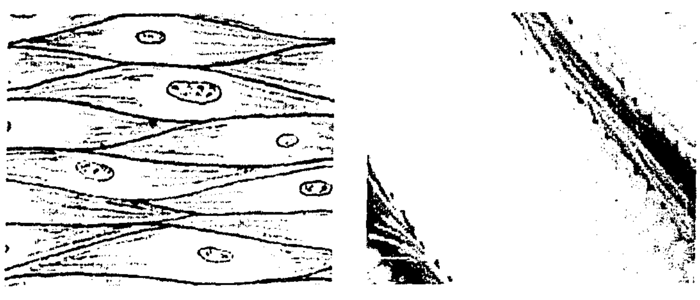


Red de pentágonos

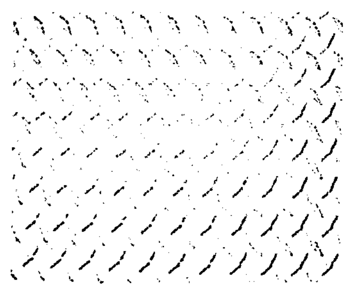
Isometría de segundo grado

En la isometría de segundo grado o nivel se presenta sólo una variación que puede ser de dos tipos: de congruencia, o bien, de motivo, pero solamente debe presentarse una de ellas a la vez.

Variación de congruencia. Si se tiene una isometría de segundo grado o nivel donde la variante es la congruencia, los motivos son iguales entre sí y lo que varía es la disposición u orden con que se presenta un motivo de otro, en cualesquiera direcciones. Es decir, los motivos son iguales y la disposición en alguna de sus direcciones es diferente aunque constante; por lo tanto, se está hablando de motivos homogéneos y disposición heterogénea.



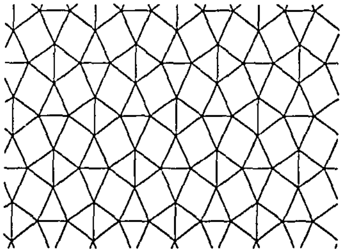
Isometrías naturales



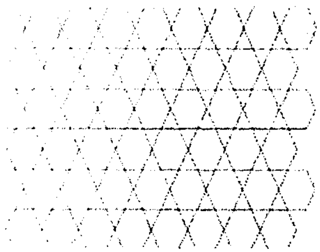
Isometría artificial

Isometrías de segundo grado con variación de congruencia

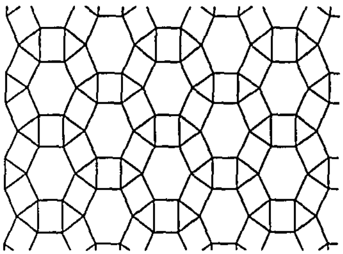
Variación de motivo. En una isometría de segundo grado donde lo que varía es el motivo, participan dos o más motivos diferentes pero afines entre sí y la congruencia entre éstos se mantiene constante. De tal manera que los motivos que integran la muestra son heterogéneos, y la muestra y la disposición son homogéneas. Si se tiene una isometría en la que intervienen motivos diferentes, por ejemplo un triángulo, un cuadrado y un hexágono repetidos varias veces y la disposición entre un motivo y otro se mantiene igual, se está hablando de una isometría de segundo grado con variación de motivo.



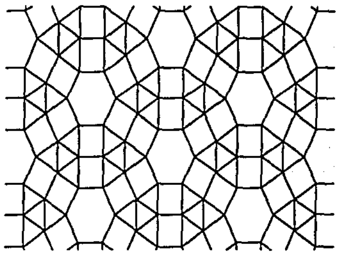
Red de cuadrados y triángulos



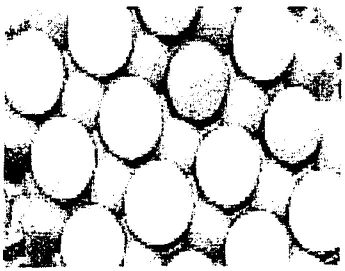
Red de hexágonos y triángulos estrella

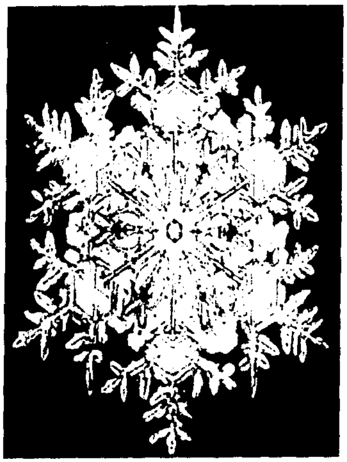


Red de hexágonos, cuadrados y triángulos



Red de hexágonos, cuadrados y triángulos de dos capas





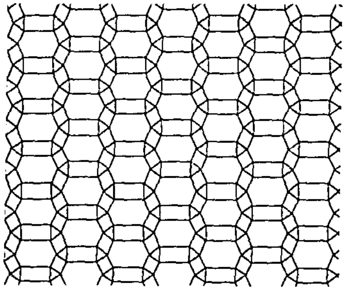
Isometrías naturales
(tomándolas en cuenta bidimensionalmente)

Isometría artificial

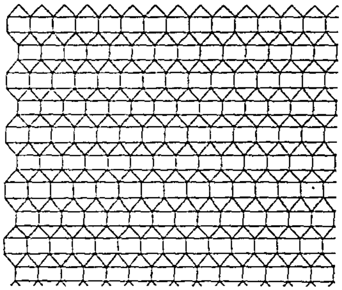
Isometrías de segundo grado con variación de motivo

Isometría de tercer grado

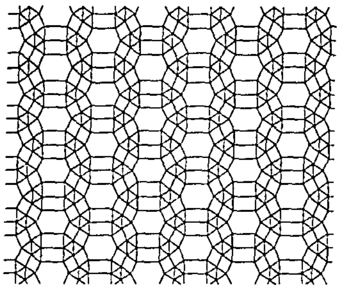
En la isometría de tercer grado se presentan paralelamente las dos variantes, la de motivo y la de congruencia. De tal manera que esta isometría está integrada por motivos diferentes entre sí pero afines, y la disposición con que se presentan en cualesquiera direcciones no es igual aunque sí constante. Por lo tanto, los motivos que integran la muestra son heterogéneos y la disposición también es heterogénea.



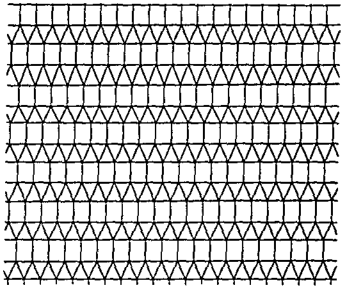
Red de hexágonos, rectángulos, cuadrados y triángulos



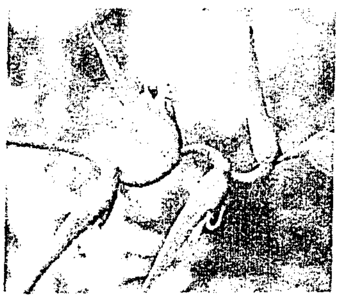
Red de rectángulos y triángulos

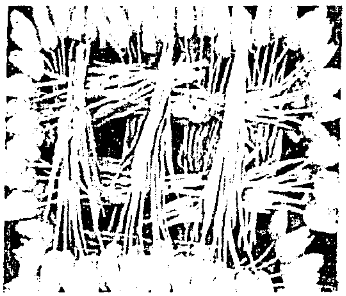


Red de hexágonos, rectángulos, cuadrados y triángulos de dos capas

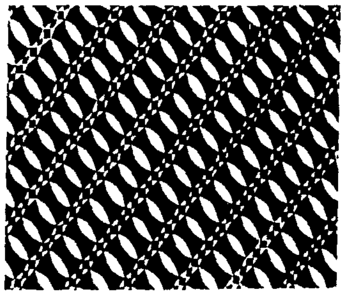


Red de cuadrados y triángulos





Isometrías naturales

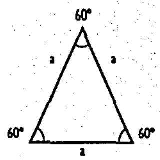


Isometría artificial

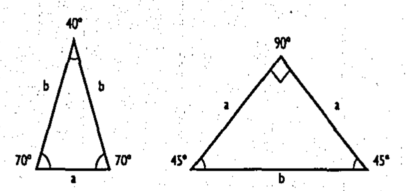
Isometrías de tercer grado

Entre los polígonos se pueden encontrar ejemplos de isometría si se toma en cuenta que cada uno de sus lados es un motivo, que la disposición de sus ángulos es la congruencia y el polígono es en sí una simetría. Dependiendo de la igualdad y/o semejanza de los motivos y de la congruencia que éstos poseen al formar los ángulos, se puede determinar el grado de isometría al que pertenecen.

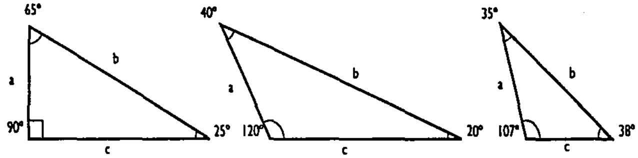
Triángulos



Triángulo equilátero,
isometría de primer grado con
mayor congruencia

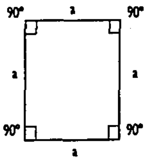


Triángulos isósceles,
no son isometrías porque uno de sus lados y
uno de sus ángulos no se repiten

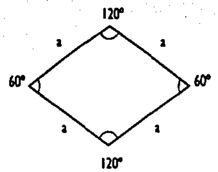


Triángulos escaleno,
no son isometrías porque sus lados y sus ángulos no se repiten

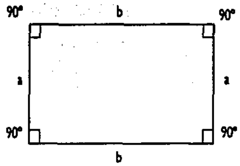
Cuadriláteros



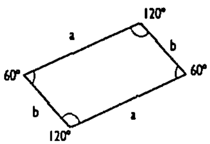
Cuadrado,
isometría de
primer grado con
mayor congruencia



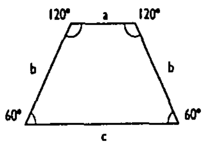
Rombo,
isometría de segundo grado
con variación de congruencia y
menor congruencia



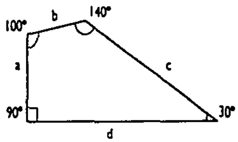
Rectángulo,
isometría de segundo grado con
variación de motivo y menor
congruencia



Romboide,
isometría de tercer grado con
menor congruencia todavía

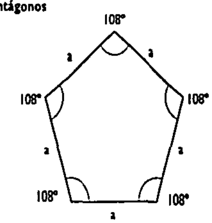


Trapecio,
no es isometría porque dos
de sus lados no se repiten

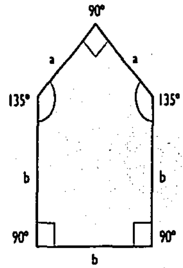


No es isometría porque sus lados y sus
ángulos no se repiten

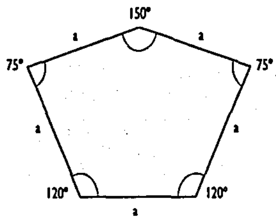
Pentágonos



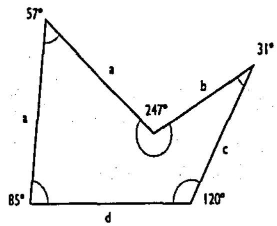
Pentágono regular,
isometría de primer grado
con mayor congruencia



Pentágono irregular,
isometría de tercer grado con
menor congruencia todavía

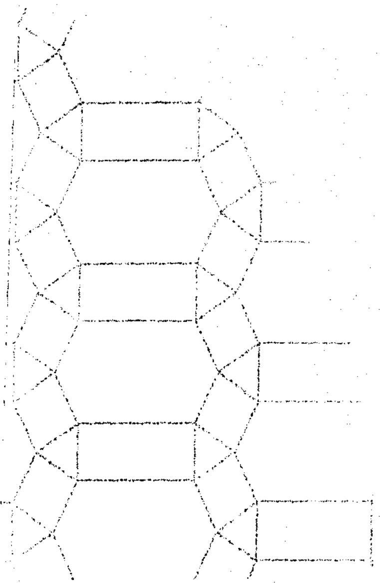


Pentágono irregular,
no es isometría porque uno de sus ángulos
no se repite

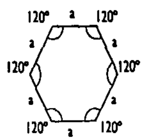


No es isometría porque sus lados y sus
ángulos no se repiten

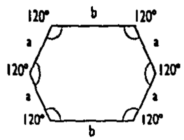
3. Homeometría



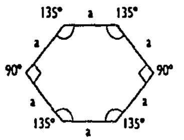
Hexágonos



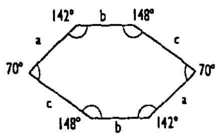
Hexágono regular,
isometría de primer grado
con mayor congruencia



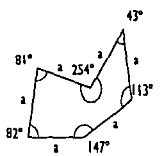
Hexágono irregular,
isometría de segundo grado con variación
de motivo y menor congruencia



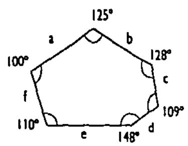
Hexágono irregular,
isometría de segundo grado con
variación de congruencia y menor
congruencia



Hexágono irregular,
isometría de tercer grado con
menor congruencia todavía



No es isometría porque
sus ángulos no se repiten



Hexágono irregular,
no es isometría porque sus lados y
sus ángulos no se repiten

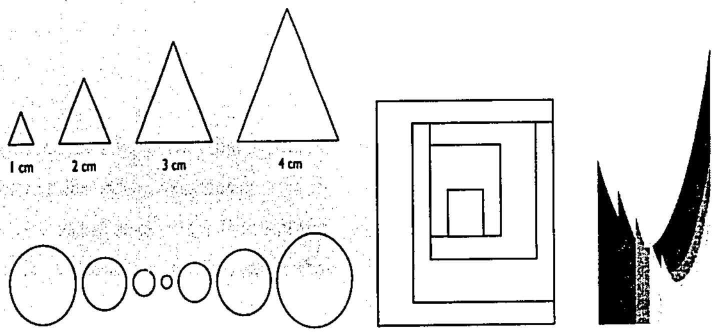
Las palabras homeometría y homeomorfo están compuestas por el prefijo **homeo**, proveniente del griego *homoios* que significa *parecido o semejante*;[41] y por **metría** que ya se definió con el significado de "medida"; o por **morfo** que también ya se definió como forma o apariencia. La palabra homeomorfo significa *analogía de formas que presentan entre ellas ciertos cristales de naturaleza diferente*.[42] Por lo tanto, la palabra **homeometría** significa de modelos y/o medidas parecidas o semejantes, y homeomorfo de forma o aspecto parecido.

De tal manera son **homeomorfos** u **homeométricos** los motivos de un sistema o simetría que poseen la misma forma y que tienen una variación ordenada en su tamaño.

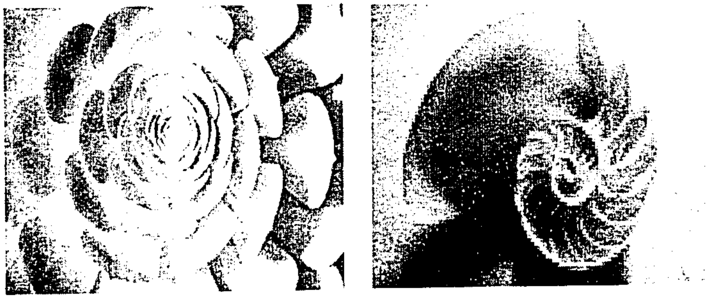
Wolf y Kuhn dicen que una homeometría está integrada por motivos de igual forma y que en la repetición de éstos puede variar el tamaño o la frecuencia.[43] Sin embargo, en este manual no se está de acuerdo con lo que ellos afirman, porque como ya se mencionó, una homeometría está constituida por motivos con la misma forma donde lo único que varía es el tamaño. La simetría que contiene motivos iguales y variación de disposición ya se analizó, y se determinó que se trata de una isometría de segundo grado con variación de congruencia, y no de una homeometría como la llaman Wolf y Kuhn.

Por ejemplo, si se tiene un triángulo equilátero en donde cada uno de sus lados mide 1 cm y en el momento de la repetición sus lados van creciendo, se está haciendo una homeometría integrada por varios triángulos equiláteros, el primero de 1 cm por lado, el segundo de 2 cm por lado, el tercero de 3 cm por lado y así sucesivamente, manteniendo constante el incremento en las medidas.

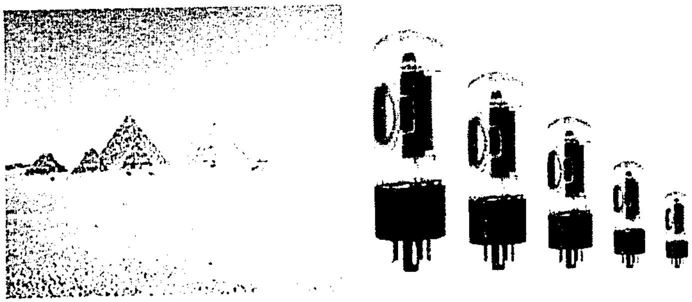
Las operaciones de simetría se estudiarán en el capítulo II, por el momento sólo se mencionará que en una de ellas, en la expansión, se hace evidente la homeometría ya que al repetirse un motivo determinado crece sin alterar su forma.



Homeometrías

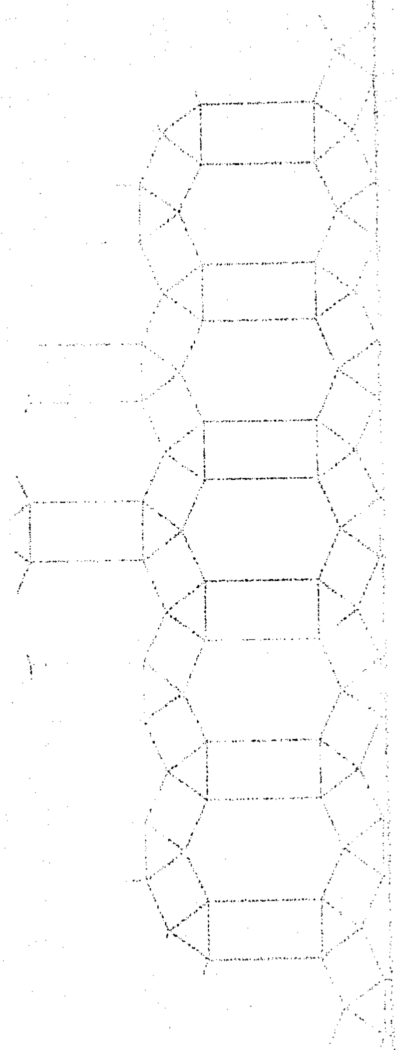


Homeometrías naturales

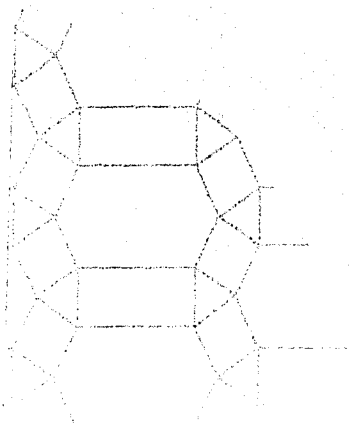


Homeometrías artificiales

Ejemplos de homeometria



4. Singenometría

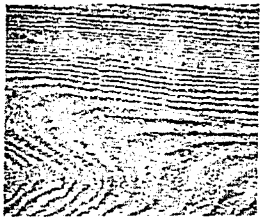


Las palabras singenometría y singenomorfo se derivan de la palabra singenésico, proveniente del griego y formado por el prefijo **sin** que significa *con, unión, simultaneidad, junto a*;[44] y **genésico** proveniente del latín *genêsis* que significa *generación, origen, engendramiento, producción o nacimiento.*[45] **Metría** y **morfo** ya se definieron. De donde se deduce que el significado de **singenometría** es de medida o modelo originado a partir de, o junto a; y el significado de singenomorfo es forma originada junto a, o a partir de.

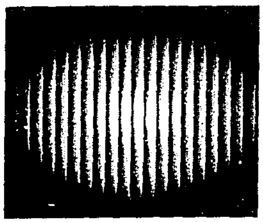
De tal manera son **singenomorfos** o **singenométricos** los motivos de un sistema o simetría que van sufriendo una transformación progresiva a partir de una forma original. Es decir, de un primer motivo se origina un segundo que sufre algunas alteraciones en la forma con respecto del primero, junto al segundo se origina un tercer motivo que también sufre alteraciones en la forma con respecto del segundo, y así sucesivamente; todos los motivos resultantes, aunque diferentes, son análogos o afines y entre ellos existe congruencia.

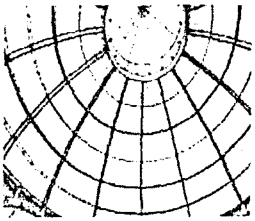
Pregnancia

La **pregnancia** es una transformación progresiva que se logra a partir de un primer elemento para llegar a formar un segundo elemento diferente. La palabra pregnancia se deriva del término impregnar, proveniente del latín *impregnâre* que significa *introducir entre las moléculas de un cuerpo las de otro en cantidad perceptible sin combinación.*[46]



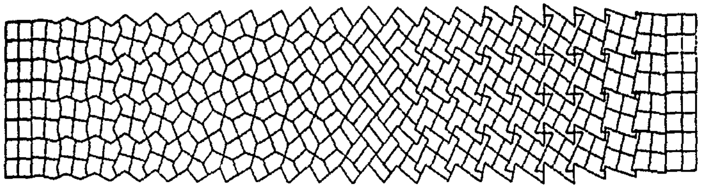
Singenometrías naturales





Singenometrías artificiales

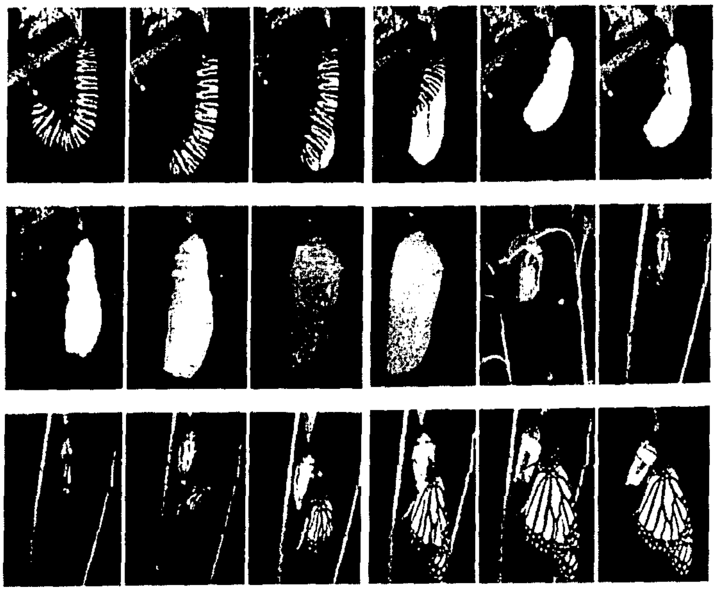
Ejemplos de singenometría



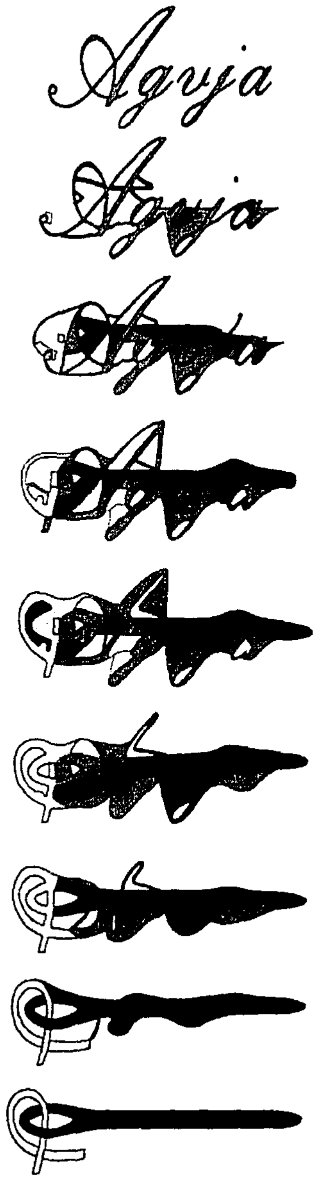
Singenometría

La pregnancia parte del orden y pasando por el caos llega nuevamente al orden. Esto se logra partiendo de una forma original que se va transformando progresivamente y genera un aparente caos que, mediante la transformación, da como resultado una nueva forma diferente a la que se tuvo en un principio. Por lo que es evidente que la pregnancia es una modalidad de la singenometría.

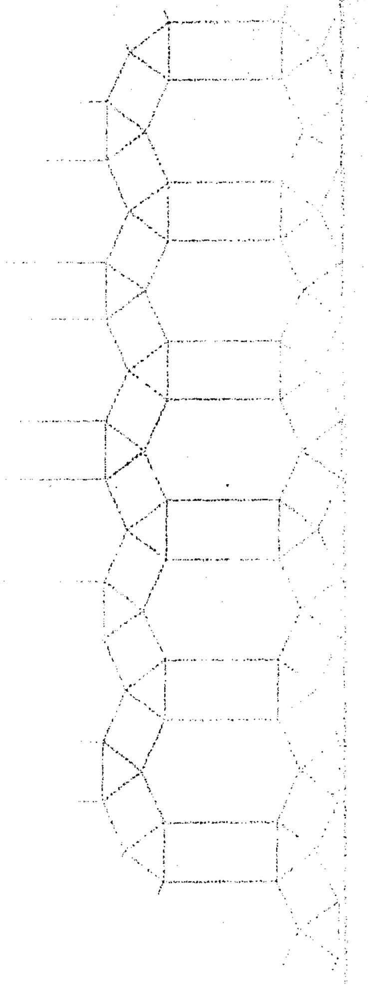
La palabra **metamorfosis**, proveniente del griego *metamorphôsis* significa *transformación de una cosa en otra.*[47] Si se analizan las definiciones de pregnancia y metamorfosis se verá que significan lo mismo, sólo que en el área del Diseño es más usual el término pregnancia, dado que se refiere a la transformación de formas y no a la de animales, con lo que se asocia generalmente la palabra metamorfosis.

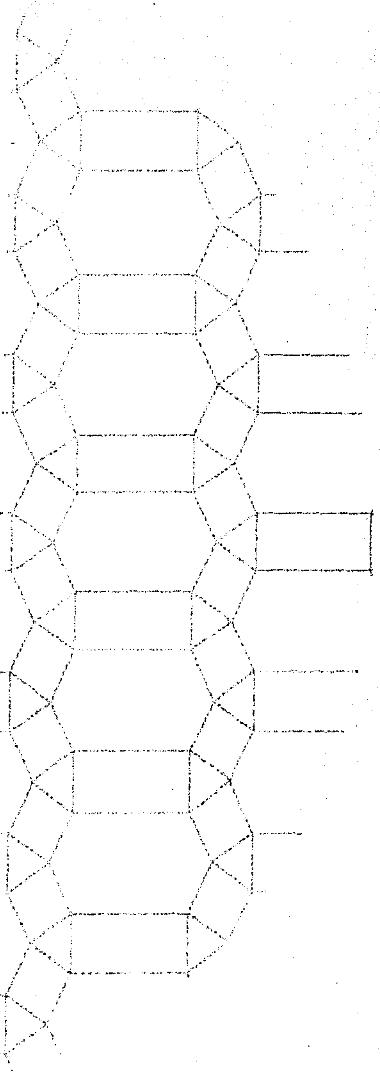


Metamorfosis



Pregnancia





Anamorfismo

El anamorfismo es otra de las modalidades de la singenometría, la palabra anamorfismo se deriva de anamorfosis, proveniente del griego *anamorphôsis* que significa *transformación. Imagen deformada de un objeto, dada por un espejo curvo o por un sistema óptico no esférico, así como por los aparatos de rayos X (deformación cónica de las sombras). Dibujo deformado que, visto en un espejo cilíndrico o cónico, recupera su forma real; efecto consistente en deformar un motivo gráfico o pictórico que, visto bajo un determinado ángulo, recupera su forma verdadera.*[48] *Transformación geométrica o semigeométrica de las formas según una ley dada: la anamorfosis consistirá en dibujar una figura sobre una hoja de caucho y en comprimir o dilatar esa hoja de caucho según ciertas reglas.*[49] El prefijo **ana**, proveniente del griego, significa *retroceso, relación, repetición.*[50] Por lo tanto, **anamorfismo** es el nombre que se le da a la nueva forma que resulta de la modificación que sufre la forma original debido a la deformación geométrica que se ejerce a partir de ella, la segunda forma es anológica a la primera.

Esta deformación se lleva a cabo mediante un proceso geométrico u óptico. En el proceso geométrico o gráfico se utilizan redes, y a partir de ellas se realiza la transformación. La condición esencial para poder realizar un anamorfismo por medio de redes es que el motivo debe estar dividido en determinado número de partes o espacios iguales, es decir, se debe tener encima del motivo una red isométrica, por ejemplo de cuadrados. Por otra parte, debe existir una retícula con la misma cantidad de espacios que contiene la red de cuadrados, esta retícula podrá tener cualquier forma hasta la más caprichosa si se desea. Para realizar el anamorfismo es necesario observar con atención cada uno de los cuadrados de la red isométrica y los detalles del motivo que en ellos existen; estos mismos detalles se deben ir plasmando en cada uno de los espacios correspondientes de la retícula. Por lo tanto, cada cuadrado de la red corresponde a un espacio de la retícula, y los rasgos formales que contienen cada uno de los cuadrados son los mismos que deben contener cada uno de los espacios de la retícula, pero ya adquiriendo la deformación correspondiente.

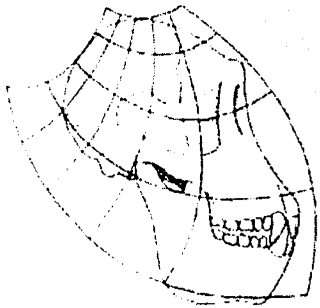
Durante el siglo XVII el anamorfismo se consideró un arte serio que surgió de la necesidad de pintar superficies curvas, en las cuales las figuras al pintarse como realmente eran se veían distorsionadas, tal era el caso de bóvedas y cúpulas. Para lograr contrarrestar este efecto se realizaron pinturas con distorsiones intencionadas, las cuales recuperaban su forma original al ser observadas desde un determinado punto de vista que reducía la distorsión, restableciendo así su apariencia real.

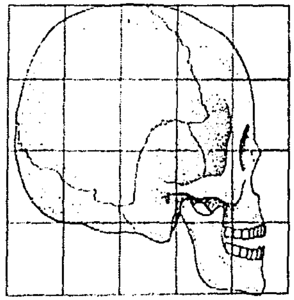
El anamorfismo comienza a realizarse por medio de varios métodos simples, con redes hechas de cordeles y proyectadas con lámparas donde a través de su sombra se logra la distorsión. Haciendo agujeritos a la imagen original y proyectando luz a través de ella, de tal manera que la sombra reflejada en una pared adquiere ya la distorsión. O bien, con retículas distorsionadas donde se van reproduciendo los detalles de la imagen original que se encuentra dentro de una cuadrícula.[51]

El proceso de distorsión fue tomando un carácter cada vez más serio y se comenzaron a desarrollar sistemas más exactos y complejos basados en la geometría.

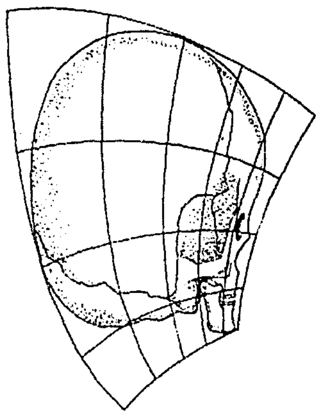
Karl Gerstner, en su libro *Las formas del color* menciona la anamorfosis como parte de la geometría de coordenadas y dice que:

Durero dibujaba los rostros humanos como curvas en abscisas y ordenadas. Alterando las coordenadas no sólo obtenía diferentes proporciones, sino diferentes caracteres. Además hizo este proceso aún más eficaz al proyectar las coordenadas en perspectiva, método que también utilizó Hans Holbein el Joven, contemporáneo de Durero. En el Manerismo que vino tras la generación de Holbein y Durero, el método se descontroló y se acabó convirtiendo en un fin en sí mismo. Los cuadros eran rompecabezas pictóricos primorosamente construidos. Se produjeron todas las alteraciones posibles: un ejemplo es la anamorfosis. El método se desarrolló también por vías diferentes y adquirió un contenido más rico. El biólogo D'Arcy Thompson lo utilizó para distorsionar espacialmente el marco de coordenadas y así elaborar una morfología evolutiva consistente. El punto de partida fue un cráneo humano en un marco regular. Por medio de las adecuadas distorsiones obtuvo todas las formas más primitivas, como el cráneo del chimpancé. Como científico, Thompson resistió una tentación en la que yo no puedo evitar caer: utilizar su método, que ofrece un análisis tan atractivo del pasado, para mirar al futuro. La figura 3.3 representa el posible aspecto del cráneo humano dentro de un millón de años. Este ejemplo de-

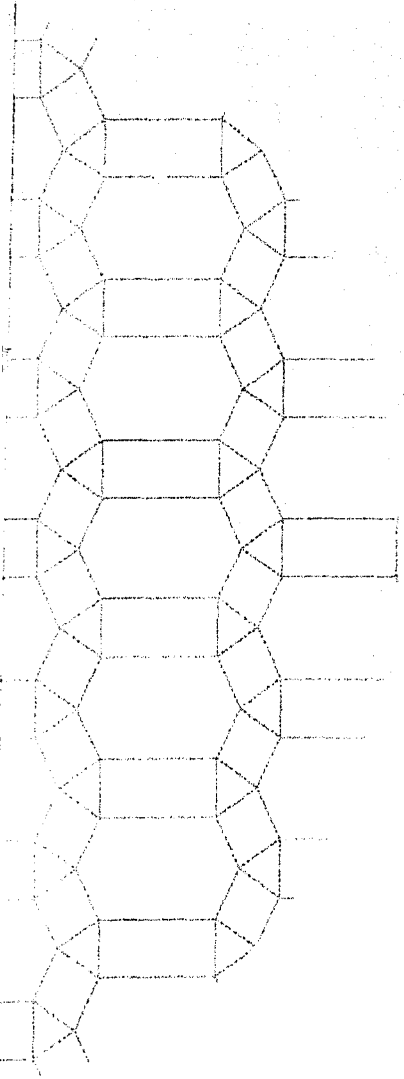




Morfología evolutiva del cráneo humano, realizada por Thompson

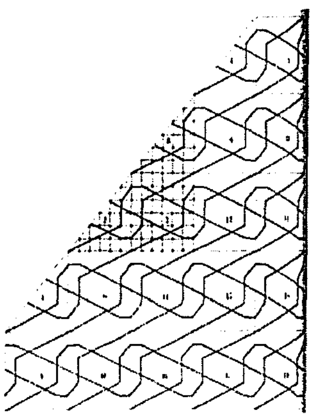


Posible cráneo de humano dentro de un millón de años, según Gerstner (figura 3.3)

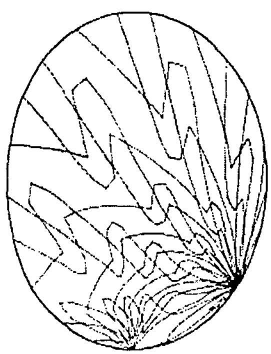


muestra también lo fructífera que puede resultar la aplicación de la geometría al arte y a la ciencia.[52]

Por otra parte, en el *capítulo 6 Opus 91*, Gerstner menciona el *órgano de redes*[53] desarrollado por Hans Hinterreiter, que consiste en la combinación de planos dados en redes, independientemente de la proporción y la forma. A partir de una red de cuadrados origina una forma, la cual reproduce varias veces por medio de la traslación. A continuación realiza una superficie circular con una construcción que consta de dos haces de líneas rectas que pasan por un punto, con eje y base oblicuos. La intersección de las líneas forman rectángulos o triángulos irregulares, que corresponden a los cuadrados o medios cuadrados de la red original, *en una transformación afín, como diría un matemático.*[54] Observándola con atención se puede ver que la red del círculo corresponde exactamente a la red de cuadrados original, y los puntos de intersección de ambas redes están en completa concordancia. El siguiente paso es transferir la forma que está en la red de cuadrados a la red que está dentro de la superficie circular. *Esto da lugar automáticamente a líneas curvas, suavizadas por otra operación. Con el órgano de redes de Hinterreiter se pueden realizar no sólo transformaciones proporcionales (del cuadrado a cualquier rectángulo), sino también formales (del cuadrado al círculo, por ejemplo).*[55] El ejemplo anterior es otra manera de realizar un anamorfismo, aunque el autor no lo denomine con ese nombre.



Motivo original



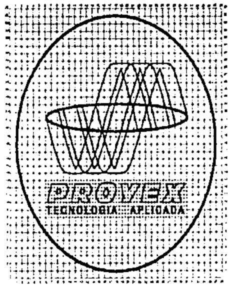
Anamorfismo

Representación artística del anamorfismo

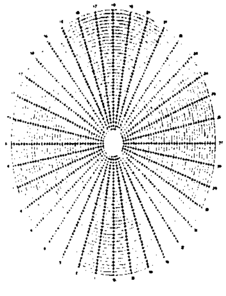
A continuación se presentan dos ejemplos de anamorfismo, ambos motivos originales están apoyados en una red isométrica de cuadrados, la diferencia entre ellos es que la deformación de la red del primer motivo es una retícula dentro de un paralelogramo; y la del segundo motivo es una retícula dentro de una **corona circular** —*área limitada por dos circunferencias concéntricas*—.[56]

Actualmente, este tipo de procesos se pueden realizar con las técnicas geométricas tradicionales, o bien, por medio de la computación, que gracias a la tecnología ofrece mayor rapidez y precisión para realizarlos.

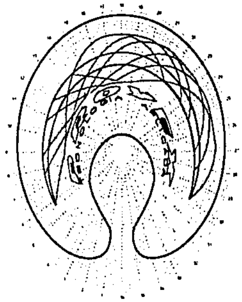
Motivo original



Motivo original apoyado en una red isométrica de cuadrados

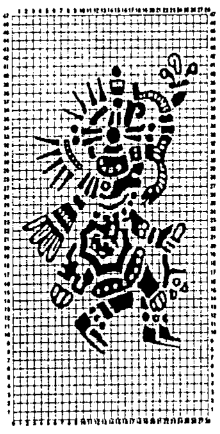


Retícula para realizar el anamorfismo (red de cuadrados deformada dentro de una corona circular)

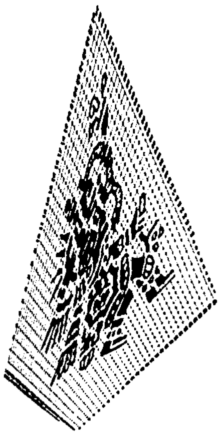


Retícula con el anamorfismo ya realizado (resultante de la deformación de la red isométrica de cuadrados)

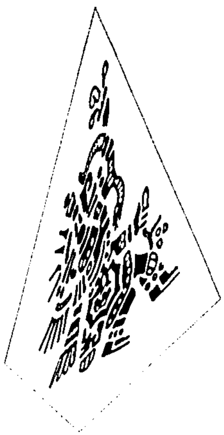
Anamorfismo



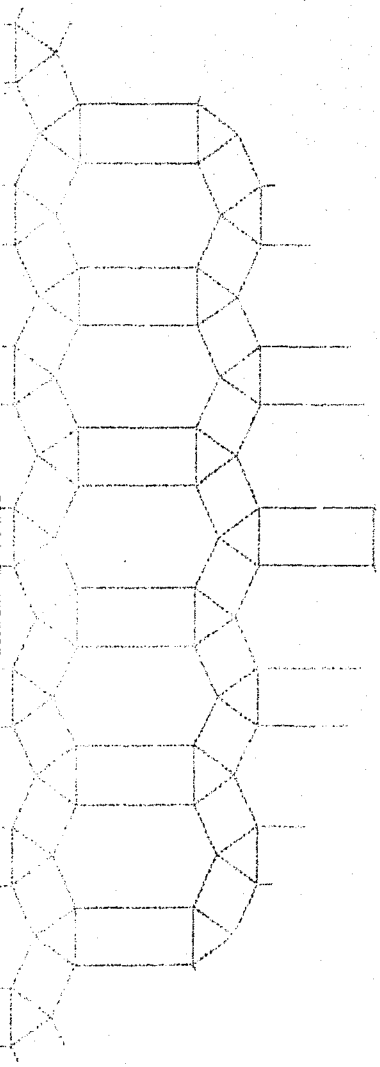
Motivo original apoyado en una red isométrica de cuadrados



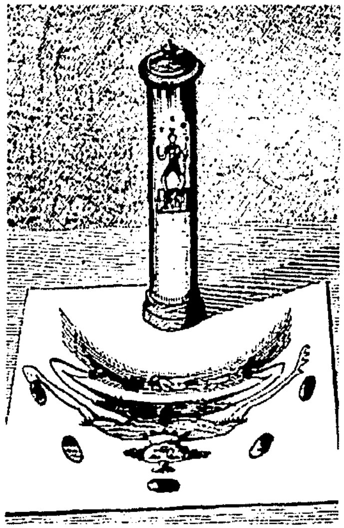
Retícula con el anamorfismo ya realizado (resultante de la deformación de la red isométrica de cuadrados)



Anamorfismo



Existe otra modalidad de anamorfismo y es llamada reflexión anamórfica, consiste en poner cualquier forma frente a un espejo convexo o deforme, el cual refleja la forma original pero distorsionándola, logrando así el anamorfismo por medio de un proceso óptico y no geométrico.



Reflexión anamórfica

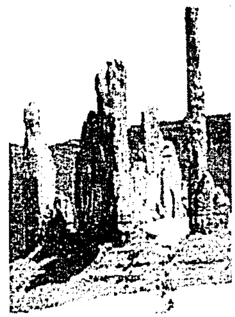
5. Catametría

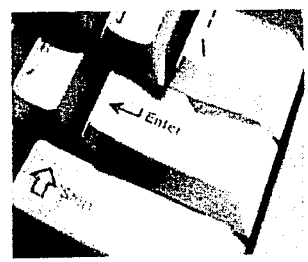
Las palabras catametría y catamorfo provienen del griego y están compuestas por el prefijo **cata**, que significa *preposición inseparable, cuya significación primitiva es la de hacia abajo, de arriba abajo o debajo;*[57] y por **metría** o **morfo** que ya se definieron. Por lo que el significado de catamorfo es hacia abajo de la forma o derivación de la forma, y **catametría** significa de modelos y/o medidas derivadas de; la simetría que existe entre estos motivos es cada vez menor y con menos congruencia.

De tal manera son **catamorfos** o **catamétricos** los motivos de un sistema o simetría que siendo necesariamente diferentes tienen una o algunas características formales semejantes, o bien, existe entre ellos alguna relación formal en común que los hace ser afines y, por lo tanto, entre ellos existe coherencia interformal.

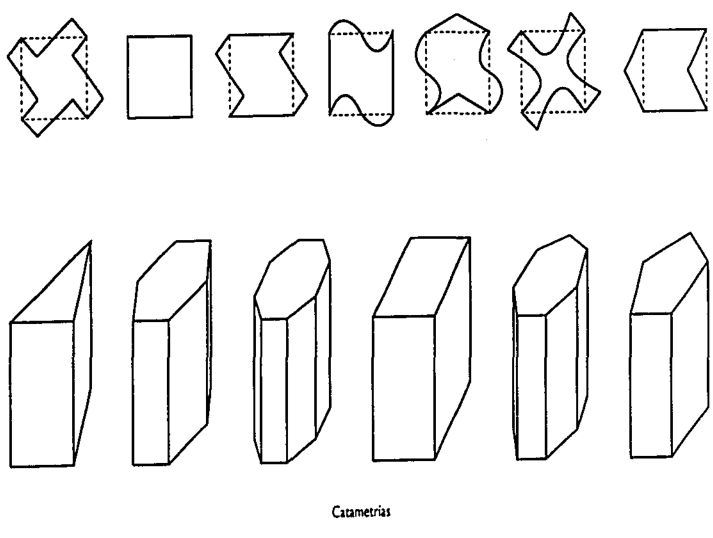
Una catametría puede estar integrada de dos maneras: por motivos de estructura u orden diferente pero con detalles formales iguales o semejantes entre ellos; o bien, por motivos con estructuras iguales o semejantes pero con detalles formales diferentes.

Es importante destacar que la semejanza que existe entre los detalles, las estructuras y la relación de los motivos catamorfos, o de cualquier otra clase de simetría, debe ser estrictamente formal, por lo que no se debe tomar en cuenta su función o significado, sólo su forma.



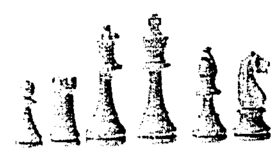


Formas similares con detalles diferentes



Catametrías

Catametrías naturales



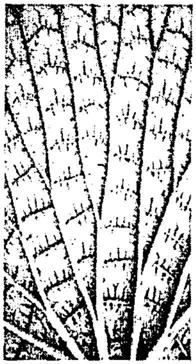
Catametrías artificiales

Ejemplos de catametría

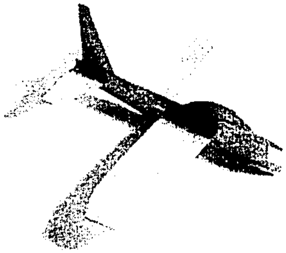
6. Heterometría

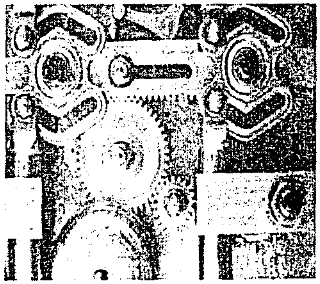
Las palabras heterometría y heteromorfo están compuestas por el prefijo **hetero**, proveniente del griego *eteros* que significa *otro, diferente, desigual*;[58] y por **metría** o **morfo**. Por lo tanto, **heterometría** significa de modelo y/o medida diferente, y heteromorfo de forma o apariencia diferente.

De tal manera que los motivos **heteromorfos** o **heterométricos** son completamente diferentes entre sí y no tienen coherencia interformal; sin embargo, entre dichos motivos sí existe una relación de afinidad que se presenta al integrarse ordenadamente formando un todo, es decir, tienen coherencia intraformal ya que conforman una unidad.



Heterometrías naturales





Heterometrías artificiales,
entre los elementos que conforman a estos objetos existe coherencia intraformal porque cada uno de ellos forma parte de la unidad

Ejemplos de heterometría

7. Ametría

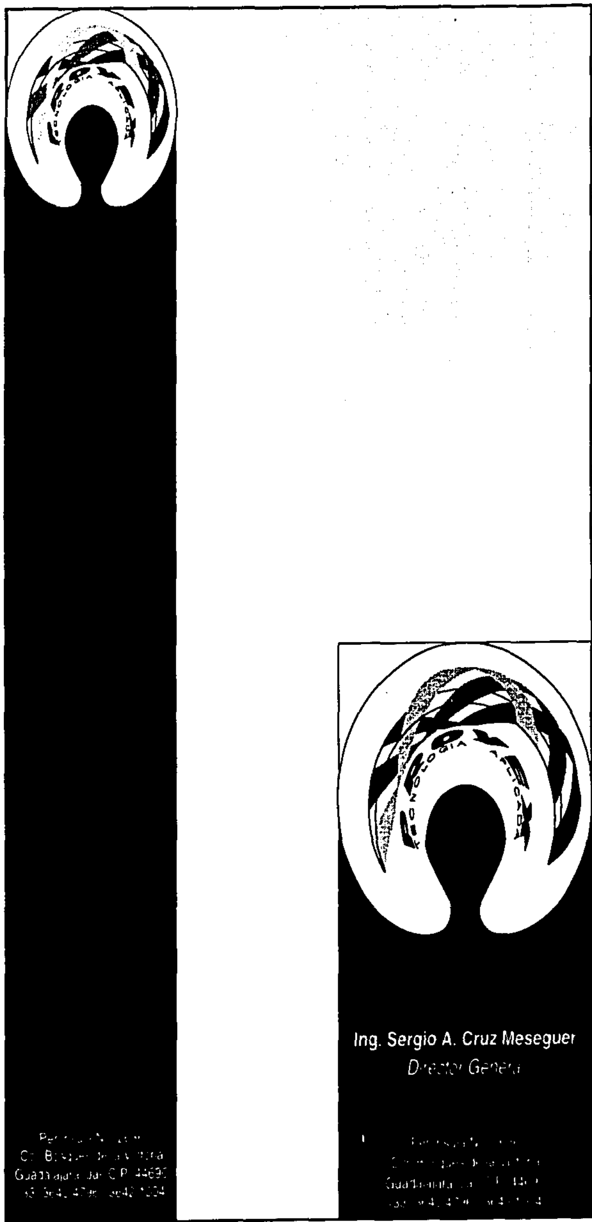
Las palabras ametría y amorfo provienen del griego y están compuestas por el prefijo **a**, que significa *partícula inseparable que denota privación, negación, sin, falta de;*[59] y por **metría** o **morfo**. De tal manera que amorfo significa que carece de forma y **ametría** que está privado de medida, modelo o norma.

Ametría

Se llaman **amorfos** o **amétricos** a los motivos de un sistema que son completamente diferentes entre sí, que no tienen algo en común ni relación alguna. Entre los motivos amorfos no existe coherencia interformal ni coherencia intraformal, por lo que la unión de estos motivos da como resultado la ametría.

Aun cuando la ametría sólo cumple con una de las tres condiciones de simetría, la pluralidad de elementos formales, es llamada clase de simetría por englobar de alguna manera a este conjunto de formas no relacionadas entre sí, ya que en realidad es el desorden absoluto y por consiguiente el extremo total de la simetría.

A lo largo de este capítulo se han ido mostrando ejemplos del análisis y desarrollo de las clases de simetría, ejemplos en donde se hacen evidentes las características de dichas clases y algunos de los conceptos que intervienen a su alrededor; sin embargo, no se debe olvidar que todo ello es una serie de herramientas y procesos que sirven para ser aplicados y explotados en el Diseño y la Comunicación Gráfica, por lo que, para tener una visión más clara de lo que con esto se puede lograr, es importante presentar estos últimos ejemplos.



Anamorfosis de Salvador Dali
EL CRÁNEO, 1972
Una de las instalaciones características del Teatro-Museo Dali son las anamorfosis creadas por Salvador Dali: para ver las figuras se debe contemplar su reflejo en una superficie curva reflectante[60]

Citas bibliográficas

1. Gui Bonsiepe, *Teoría y práctica del diseño industrial: Elementos para una manualística crítica*, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1978, p. 163.
2. K. L. Wolf y D. Kuhn, *Forma y simetría: Una sistemática de los cuerpos simétricos*, Buenos Aires, Argentina, EUDEBA, 1969, p. 7.
3. Gui Bonsiepe, *op. cit.*, p. 163.
4. AAVV, *Diccionario enciclopédico Larousse*, Barcelona, España, 1992, vol. 2, p. 588.
5. Real Academia Española, *Diccionario de la lengua española*, Madrid, España, Planeta Internacional, 1984, p. 357.
6. AAVV, *op. cit.*, vol. 4, pp. 1210-1211.
7. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 1190.
8. *Ibid.*, p. 32.
9. AAVV, *op. cit.*, vol. 1, p. 124.
10. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 1312.
11. AAVV, *op. cit.*, vol. 8, p. 2393.
12. Cfr. Gui Bonsiepe, *op. cit.*, p. 160.
13. Cfr. *ibídem*.
14. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 318.
15. *Ibid.*, p. 756.
16. AAVV, *op. cit.*, vol. 4, p. 982.
17. *Ibid.*, vol. 2, p. 586.
18. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 342.
19. *Ibid.*, p. 1208.
20. AAVV, *op. cit.*, vol. 8, p. 2218.
21. *Ibid.*, vol. 7, p. 2209.

22. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 1204.

23. Cfr. Gui Bonsiepe, *op. cit.*, p. 160.

24. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 753.

25. AAVV, *op. cit.*, vol. 8, p. 2326.

26. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 1247.

27. AAVV, *op. cit.*, vol. 2, p. 542.

28. K. L. Wolf y D. Kuhn, *op. cit.*, pp. 9-11.

29. Gui Bonsiepe, *op. cit.*, pp. 161-163.

30. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 761.

31. *Ibid.*, pp. 873-874.

32. *Ibid.*, p. 896.

33. AAVV, *op. cit.*, vol. 5, p. 1274.

34. *Ibídem.*

35. Wucius Wong, *Fundamentos del diseño bi- y tri-dimensional*, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1981, p. 19.

36. *Ibid.*, p. 21.

37. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 886.

38. AAVV, *op. cit.*, vol. 6, p. 1619.

39. Cfr. K. L. Wolf y D. Kuhn, *op. cit.*, p. 8.

40. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 635.

41. *Ibid.*, p. 716.

42. AAVV, *op. cit.*, vol. 4, p. 1180.

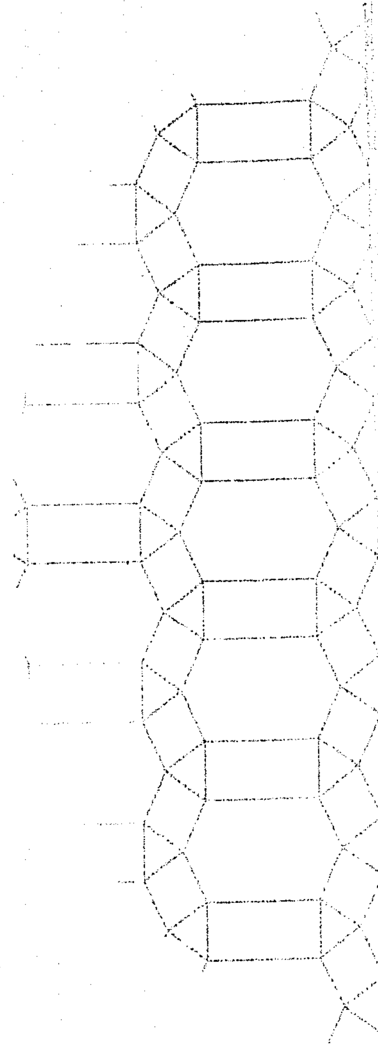
43. Cfr. K. L. Wolf y D. Kuhn, *op. cit.*, pp. 9-10.

44. Real Academia Española, *op. cit.*, pp. 1205-1206.

45. *Ibídem.*

46. *Ibid.*, p. 734.

47. *Ibid.*, p. 872.



48. AAVV, *op. cit.*, vol. 1, pp. 124-125.

49. Zeltmann Moles, *La comunicación y los mass media, los diccionarios del saber moderno*, Bilbao, España, 1975, p. 21.

50. Agustín Mateos M., *Compendio de etimologías grecolatinas del español*, México, D.F., México, Esfinge, 1974, pp. 328 y 349.

51. Cfr. Lawrence Wright, *Tratado de perspectiva*, Barcelona, España, Stylos, 1985, pp. 153 y 170.

52. Karl Gerstner, *Las formas del color: La interacción de los elementos visuales*, Madrid, España, Hermann Blume, 1988, pp. 34-35.

53. *Ibid.*, p. 93.

54. *Ibídem.*

55. Cfr. *ibid.*, pp. 93-101.

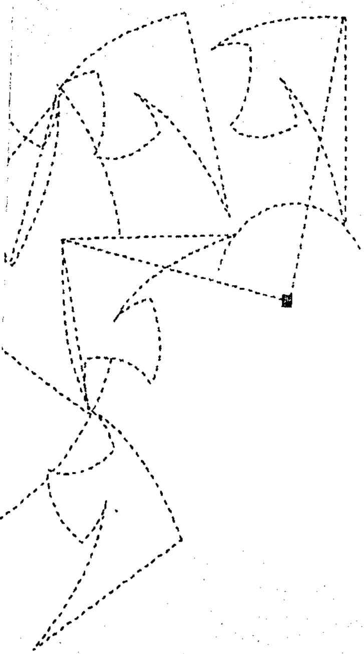
56. Cfr. Miguel Preciado C. y Carlos Toral G., *Curso de matemáticas*, México, D.F., México, Progreso, 1980, p. 289.

57. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 277.

58. Agustín Mateos M., *op. cit.*, pp. 169 y 221.

59. *Ibid.*, p. 1.

60. Idea original d'Eduard Bartolí, Dissenyat per [bis] dixit, *Imprès a Gràfiques Trayter*, Fundació Gala-Salvador Dalí, Figueres 2000.



CAPÍTULO II

OPERACIONES DE SIMETRÍA

1. Operaciones de yuxtaposición

Operaciones de simetría u operaciones de yuxtaposición es el nombre que se le da al resultado de la repetición de un motivo determinado, es decir, mediante diferentes cambios de posición se crea una repetición uniforme de dicho motivo con ciertas características especificas y sin modificar su forma.

Algunos autores que han estudiado y desarrollado el tema, como Bonsiepe, Wolf y Kuhn, entre otros, las han denominado operaciones de superposición, sin embargo, y por el significado literal de las palabras, en esta tesis se está en desacuerdo con ellos, ya que la palabra operación proviene del latín *operatĭo, -ōnis* que significa *ejecutar diversas acciones o trabajos;*[1] y la palabra superposición es sinónimo de sobreposición que significa *añadir una cosa o ponerla encima de otra.*[2] Tomando en cuenta estas definiciones se diría que las operaciones de superposición son el resultado de poner encima un motivo de otro; por esto, no son operaciones de superposición sino de yuxtaposición, palabra que proviene del latín *iuxta* que significa cerca de, y de *ponĕre* que significa poner, por lo tanto, el significado de yuxtaposición es *poner una cosa junto a otra o inmediata a ella.*[3] De tal manera que, las **operaciones de simetría** u **operaciones de yuxtaposición simétrica** son el resultado de poner un motivo junto a otros de igual forma, pero en otra posición.

Wolf y Kuhn dicen que *los verdaderos órganos de simetría son aquellas figuras geométricas, tales como planos o rectas, que producen las operaciones de superposición.*[4] Aquí se dirá que las operaciones de simetría u operaciones de yuxtaposición simétrica se llevan a cabo a través de tres **órganos de simetría** o **elementos de simetría**, los cuales son formas geométricas tales como el punto, la línea y el plano. Estos elementos sirven como ordenadores, ya que a partir de ellos es posible el desarrollo de las operaciones de simetría en dos y tres dimensiones.

Puntos de simetría. El punto de simetría sirve como centro de rotación y como sitio de partida para la expansión. Se puede utilizar en dos o tres dimensiones, es decir, en el plano y en el volumen.

Ejes de simetría. En dos o tres dimensiones el eje de simetría sirve para reflejar, como directriz de traslación, y como eje de rotación en tres dimensiones.

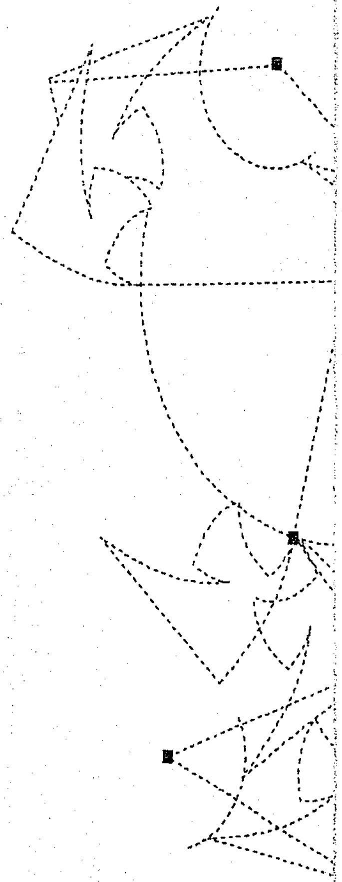
Planos de simetría. En tres dimensiones el plano sirve para reflejar y como directriz de traslación.

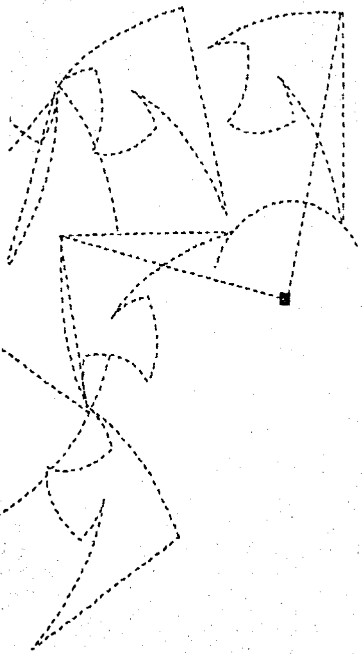
Wolf y Kuhn dicen que *para evidenciar la simetría se utilizan* ***operaciones de superposición.*** *Por medio de estas operaciones o movimientos, las cosas cuya simetría se desea analizar se superponen consigo mismas (retratan sobre sí mismas), mediante convenientes cambios de posición. Estas operaciones proporcionan los recursos metódicos necesarios para el estudio de la simetría.*[5] Para estos autores existen cinco operaciones de yuxtaposición:

1. *Identidad. Es la representación invariada del objeto sobre sí mismo… La operación de superposición se puede describir como rotación de 0° ó 360° alrededor de un punto de identidad.*
2. *Traslación. La traslación es un corrimiento simple y en línea recta.*
3. *Rotación. La rotación es el giro del cuerpo alrededor de un eje, el eje de rotación.*
4. *Reflexión especular. La reflexión especular no es un movimiento propiamente dicho, como las dos operaciones anteriores, sino un retrato bilateral en el que se invierten los lados. Puede efectuarse según ejes o planos del cuerpo considerado.*
5. *Extensión. La extensión es una variación o multiplicación monótona del motivo, desde un punto singular o punto de extensión, y en el cual el motivo permanece semejante a sí mismo.*[6]

Bonsiepe define *Operaciones de Superposición: movimiento en el que son sometidos los grupos elementales de modo que se superpongan por completo;*[7] y afirma que existen cuatro operaciones elementales o básicas de yuxtaposición:

1. *Traslación: un desplazamiento simple y lineal de una parte elemental a lo largo de una directriz de traslación.*
2. *Rotación: movimiento circular de una parte elemental alrededor de un eje.*





3. *Reflexión especular: vuelco de los datos de una parte elemental sobre un eje o plano de reflexión.*
4. *Dilatación: mutación uniforme de una parte elemental desde un punto prefijado (centro de dilatación). Las configuraciones así obtenidas son semejantes entre sí.*[8]

Nótese que Wolf y Kuhn mencionan cinco operaciones de simetría y Bonsiepe sólo cuatro. El libro de Wolf y Kuhn fue escrito exprofesamente sobre el estudio de la Teoría de la Simetría, por lo tanto, el desarrollo que hacen acerca de las operaciones de simetría es muy extenso. El libro de Bonsiepe, aunque fue escrito posteriormente, sólo hace una pequeña mención acerca de las operaciones de simetría, probablemente esta es la razón por la que nombra únicamente cuatro operaciones, excluyendo a la identidad, ya que el desarrollo de esta operación no hace posible la generación de nuevas formas.

Bruno Munari afirma que la unión de formas básicas o motivos constituye una forma global más compleja, sistema o simetría, obtenida por la acumulación de dichas formas básicas o motivos. También afirma que existen casos básicos de acumulación, los cuales permiten obtener formas más complejas si se combinan dos o más de ellos.[9] Dichos casos básicos de acumulación son las operaciones de simetría y menciona la existencia de cinco, al igual que Wolf y Kuhn:

1. *La identidad consiste en la superposición de una forma sobre sí misma, o bien en la rotación total de 360 grados sobre su propio eje.*
2. *La traslación es la repetición de una forma a lo largo de una línea que puede ser recta o curva o de cualquier otra clase.*
3. *En la rotación, la forma gira en torno a un eje que puede estar dentro o fuera de la misma forma.*
4. *La reflexión especular es la simetría bilateral que se obtiene poniendo algo delante de un espejo y considerando a la vez la cosa y su imagen.*
5. *La dilatación es una ampliación de la forma que sólo la extiende sin modificarla.*[10]

Otro autor que habla de las operaciones de simetría es Jacques Nicolle, quien afirma en su libro *La simetría*[11] que existen cinco operaciones, las cuales no son precisamente las mismas que mencionan los demás autores, éstas son:

1. Traslación. *En una traslación, todos los puntos de la figura describen segmentos de rectas paralelos, iguales y del mismo sentido.*
2. Rotación. *Una figura está animada de un movimiento de rotación cuando todos sus puntos describen arcos de círculo que tienen su centro en un punto fijo de una recta fija llamada* eje de rotación *y cuyos planos son perpendiculares a* ese eje.
3. Operación helicoidal. *Una figura está animada de un movimiento helicoidal alrededor de un eje cuando gira alrededor de ese eje y se desliza al mismo tiempo de manera que un punto cualquiera del cuerpo describe una hélice alrededor del eje considerado.*
4. Reflexión o espejismo. *La operación consiste en una simetría con relación a un plano.*
5. Inversión. *La inversión, aquí, consiste en una simetría con relación a un punto.*[12]

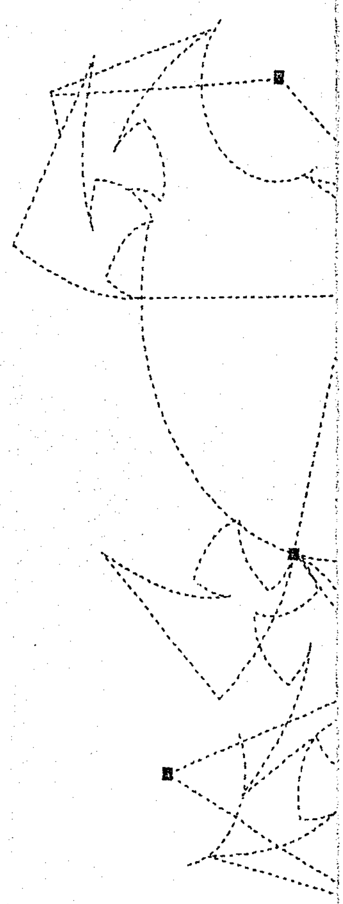
Con respecto a estas operaciones, en realidad Jacques Nicolle sólo está mencionando tres: traslación, rotación y reflexión, ya que la operación helicoidal es, como él mismo lo menciona, una combinación de rotación y traslación, por lo tanto es una operación simultánea y no una operación básica o simple como lo son las otras tres. Por otra parte, si se observa con atención la definición de la última operación que Nicolle menciona, se puede determinar que la inversión se trata de una reflexión que tiene un punto y no un plano de reflexión, pero que sigue manteniendo las características de ésta, por lo tanto la inversión no es otra operación de simetría, sino una reflexión.

Por todo lo mencionado, se toma como válida para este estudio la existencia de cinco operaciones elementales o básicas de yuxtaposición simétrica u operaciones de simetría, las cuales dependen de la acción que se ejerce durante la repetición a partir del motivo original, éstas son:

1. Identidad
2. Traslación
3. Rotación
4. Reflexión
5. Expansión, dilatación o extensión

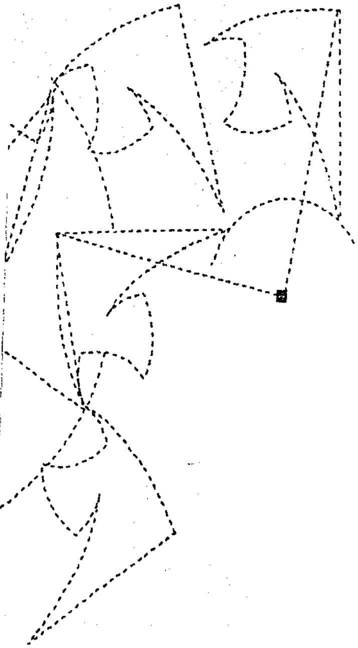
Identidad

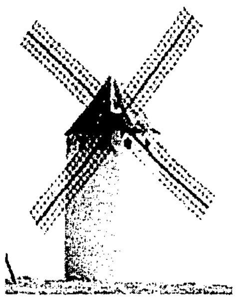
La palabra identidad proviene del latín *identitas* que significa *lo mismo; calidad de idéntico.*[13] Por lo tanto, la **identidad** es una operación de simetría en donde existe un moti-



vo idéntico al original y superpuesto sobre sí mismo, es decir, es un solo motivo que gira 0° ó 360°; por ello absolutamente todas las formas o motivos poseen identidad. Esta operación se identifica con la letra **I**.

Es conveniente mencionar que esta operación de simetría es la única que realmente se superpone y no se yuxtapone como el resto de ellas, por consiguiente no tiene posibilidad de generar nuevas formas, es simplemente un concepto teórico. Por esta razón no se incluirá más adelante, cuando llegue el momento de desarrollar gráficamente las operaciones secuenciales y simultáneas.





Ejemplos de identidad

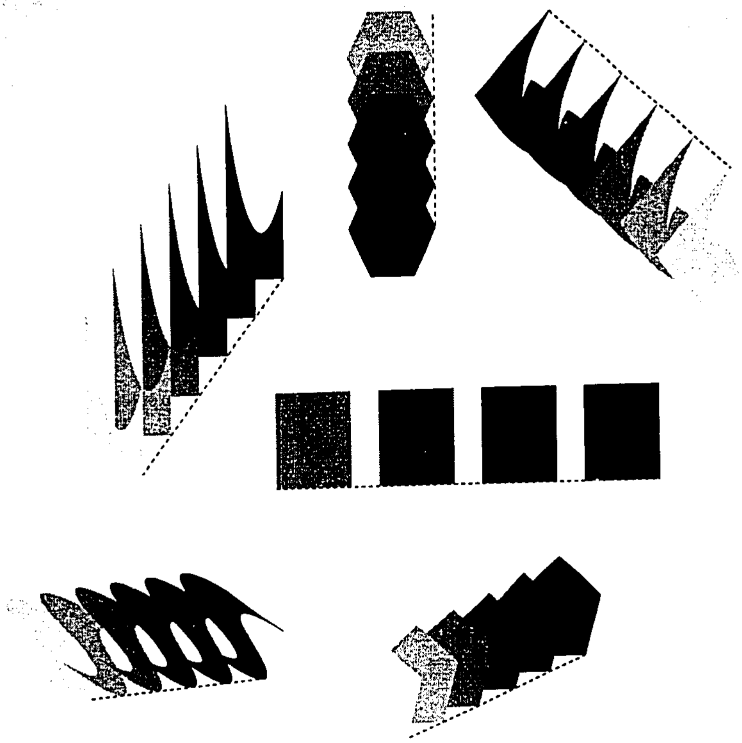
Traslación

La palabra traslación proviene del latín *translatĭo, -ōnis* y significa *llevar o mudar a una persona o cosa de un lugar a otro.*[14] *Movimiento de un cuerpo sólido cuyos puntos conservan una dirección constante.*[15] Por lo tanto, la **traslación** es la repetición uniforme y equidistante de un motivo determinado a lo largo de un eje o directriz de traslación en cualquier dirección, pero siempre con el mismo sentido sea cual fuere éste. En una traslación todos los puntos de la forma describen líneas paralelas iguales. Es importante destacar que la directriz o eje de traslación debe ser siempre recto, nunca curvo o de cualquier otra clase como menciona Bruno Munari.

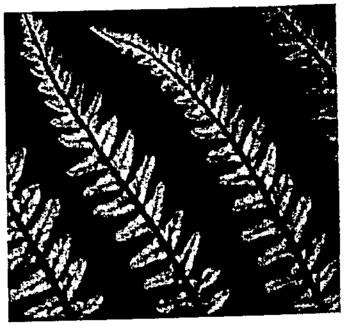
El desarrollo de la traslación es infinito pero bastará con desarrollarla mínimo en dos pasos, esto por conveniencia para evidenciarla y así evitar confusiones. A esta operación de simetría se le identifica con la letra **T**.

Algunos otros autores hablan de la traslación pero dándole otro nombre, tal es el caso de Germani Fabris quien la denomina **simetría lineal**, la cual se *da cuando un mismo elemento aparece dispuesto en espacios sucesivos: movimiento de traslación según una recta imaginaria. Pertenecen a este género las repeticiones de grecas y orlas de ritmo compuesto constante.*[16] La palabra ritmo proviene del latín *rhythmus* que significa fluir, y se define como *orden acompasado en la sucesión o acaecimiento de las cosas. Proporción guardada entre el tiempo de un movimiento y el de otro diferente.*[17]

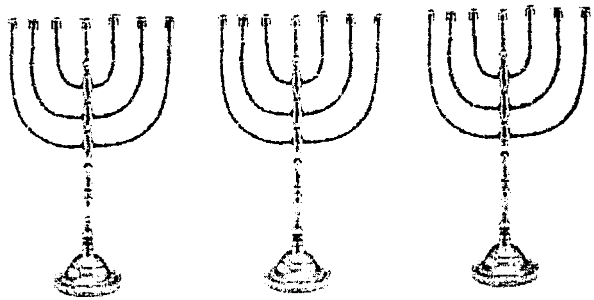
Para hacer evidente esta operación se han desarrollado algunos ejemplos de traslación.



Ejemplos de traslación



Ejemplo de traslación natural



Ejemplo de traslación artificial

Ejemplos de rotación

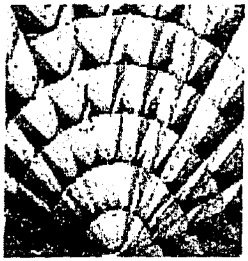
Rotación

La palabra rotación proviene del latín *rotatĭo, -ōnis* y significa *acción y efecto de rodar o girar. Movimiento de un cuerpo alrededor de un eje fijo.*[18] *Movimiento en el que un cuerpo se mueve alrededor de un eje.*[19] Por lo tanto, la **rotación** es la repetición uniforme y equidistante en movimiento circular, en cualquier dirección pero con un mismo sentido sea cual fuere éste, de un motivo determinado, el cual gira en torno a un punto específico o a lo largo de una directriz de rotación que debe ser siempre circular. En una rotación todos los puntos de la forma describen arcos de circunferencia paralelos y concéntricos. El punto en torno al cual gira el motivo puede estar dentro del motivo o fuera de él, pero siempre debe ser el mismo. Los motivos resultantes de la rotación son iguales en cuanto a su forma, sólo cambia su posición. Cabe señalar que los motivos siempre deben ser equidistantes al punto en torno al que giran y equidistantes entre sí.

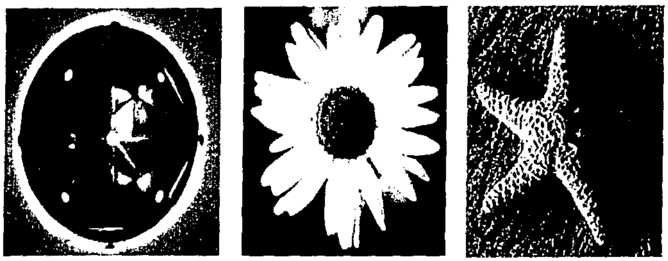
El desarrollo de la rotación es infinito ya que aunque se dé un giro de 360° se puede seguir rotando el motivo, no obstante se sobreponga a los motivos antes rotados; pero por así convenir, bastará que se exprese mínimo en dos pasos, dando como resultado la relación de tres motivos, esto para evidenciar la operación y así evitar confusión con otras operaciones. A esta operación se le identifica con la letra **R**.

Existen otros autores que hablan de la rotación pero la llaman de otra manera, tal es el caso de Germani Fabris quien la denomina **simetría radial** y dice que es *aquella en que las partes son simétricas respecto a un centro, real o imaginario.*[20] Robert Scott la llama **equilibrio radial** y dice que *significa el control de atracciones opuestas por la rotación alrededor de un punto central, el que puede ser un área positiva del esquema o un espacio vacío. En los ejemplos literales, dos o más elementos idénticos giran alrededor de dicho punto.*[21]

Para evidenciar esta operación se muestran algunos ejemplos de rotación.



Ejemplo de rotación artificial



Ejemplos de rotación natural

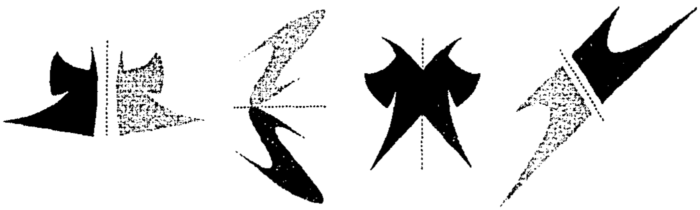
Reflexión

La palabra reflexión proviene del latín *reflexĭo, -ōnis* y significa *acción y efecto de reflejar. Hacer retroceder o cambiar la dirección de la luz, el calor, el sonido o algún cuerpo elástico, oponiéndoles una superficie lisa... Devolver una superficie brillante la imagen de un objeto.*[22] Por lo tanto, la **reflexión** o reflexión especular, como la denominan algunos autores, es el resultado de la suma de un motivo determinado más el mismo motivo invertido en relación a un eje o plano de reflexión en cualquier dirección, tal como se observa una forma en un espejo tomando en cuenta la forma y su reflejo, es decir, es un arreglo formal donde existe correspondencia exacta de la forma a uno y otro lado del eje o plano de reflexión, son dos formas iguales e invertidas; en la reflexión existe la oposición punto a punto a lo largo de líneas paralelas. A esta operación se le identifica con la letra **S**.

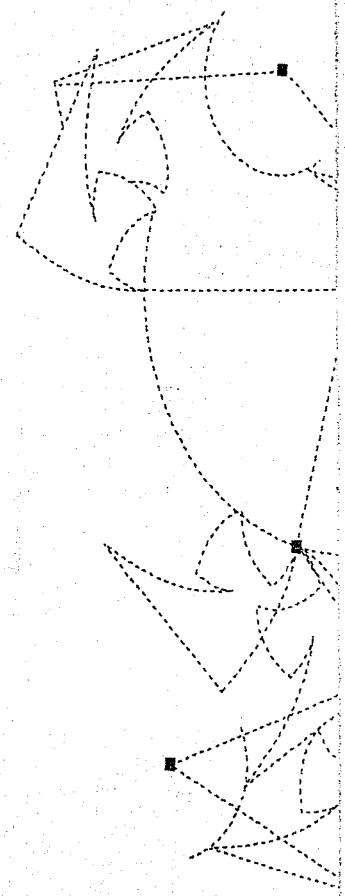
Esta operación sólo puede desarrollarse en un paso dando como resultado la relación entre dos motivos, es por eso que se recomienda que las demás operaciones se desarrollen mínimo en dos pasos para evitar confusiones.

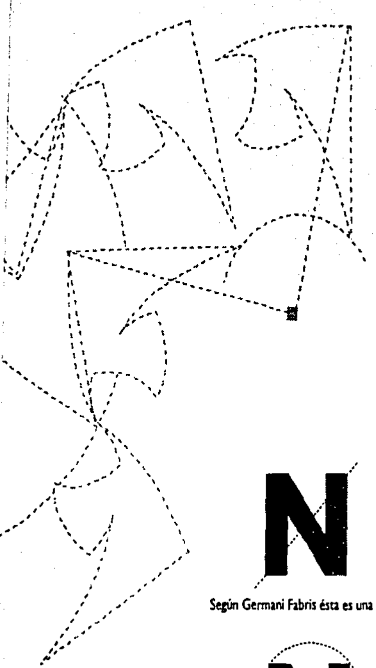
Wucius Wong afirma que *la reflexión es un caso especial de la repetición. Por reflexión entendemos que una forma es espejada, resultando una nueva forma que se parece mucho a la original, pero una va hacia la izquierda, la otra hacia la derecha y las dos nunca pueden coincidir exactamente.*[23]

Hay quienes afirman que la simetría axial no es una reflexión, ya que en realidad se presenta como un corte por la mitad de una unidad determinada, la cual es igual de un lado que del otro. Sin embargo, y en una opinión muy particular, la **simetría axial** sí es una reflexión ya que está constituida por dos partes con rasgos formales iguales



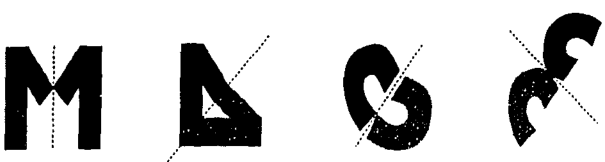
Ejemplos de reflexión, simetría axial, simetría bilateral o equilibrio axial





Según Germani Fabris ésta es una simetría bilateral donde su eje es diagonal

Si se observa bien, es notable que se trata de una rotación y no de una reflexión



Si fuese una reflexión el resultado sería éste

pero invertidos a lo largo de un eje o plano de reflexión, no importando si éste está dentro o fuera de la unidad. La palabra axial proviene del latín *axis* y significa *relativo al eje... Correspondencia entre dos puntos tales que el segmento que los une corta en su mitad y perpendicularmente a una recta dada.*[24]

Germani Fabris la denomina **simetría bilateral** y dice que *suele darse este nombre a la simetría alternada que está formada por un ritmo de período simple, de modo que las partes son simétricas a un solo eje imaginario. Tal es, por ejemplo, la imagen especular de un objeto. El eje de una simetría bilateral puede ser horizontal, aunque también vertical o en diagonal. Cuando el eje es diagonal, recibe el nombre de* ***cruzamiento*** *o* ***inversión****, para significar que los elementos están dispuestos en forma de X.*[25] En esta investigación se difiere con el último caso que Fabris denomina cruzamiento o inversión, ya que en base a sus ejemplos, se observa que en realidad se trata de una rotación y no de una reflexión.

Para Scott la simetría axial es el **equilibrio axial**, el cual está constituido por atracciones opuestas en base a un eje vertical, horizontal o a ambos. Menciona que la simetría es el caso más simple de equilibrio axial y afirma que *en un esquema exactamente simétrico, los elementos se repiten como imágenes reflejadas en un espejo a ambos lados del eje o los ejes.*[26]

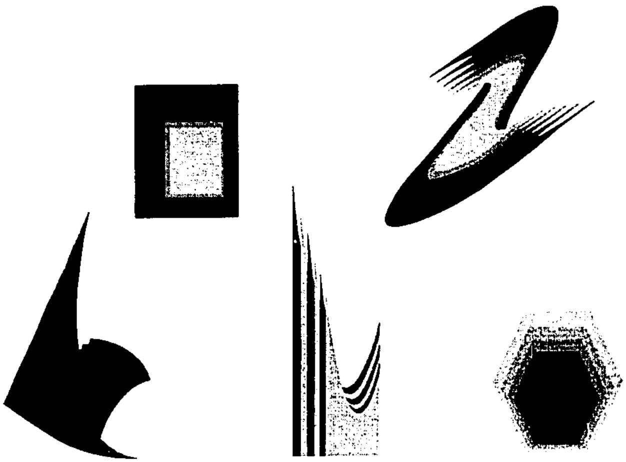
Christopher Williams habla de la simetría axial, aunque también la llama **simetría bilateral** y dice que es *un sistema de fuerzas más complicado. Surge de fuerzas que se manifiestan a lo largo de una línea... Su forma está proporcionada simétricamente a los lados de una línea vertical, con lo que izquierda y derecha son reflejos recíprocos.*[27]

Expansión, dilatación o extensión

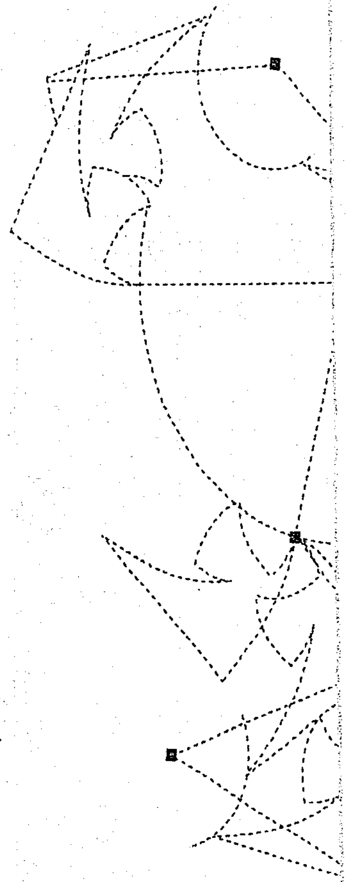
La palabra expansión proviene de latín *expansionem* que significa *acción y efecto de expandir. Hacer que algo que estaba apretado se extienda.*[28] La palabra dilatación proveniente del latín *dilatationem* significa *aumento del volumen o de la longitud de un cuerpo por elevación de la temperatura, sin cambios en la naturaleza del cuerpo.*[29] Y la palabra extensión proviene del latín *extensionem* que significa *acción y efecto de extender o extenderse. Hacer que una cosa, aumentando su superficie o su longitud, ocupe más espacio que* *antes. Aumentar, ampliar.*[30] Por lo tanto, la **expansión, dilatación** o **extensión** es la repetición de un motivo determinado, el cual crece uniformemente en cada acción a partir de un punto dado o punto de expansión, aunque paradójicamente a la definición, también puede decrecer hacia dicho punto. Es importante destacar que el punto de expansión debe estar dentro del motivo y ser el mismo durante todo el desarrollo de la operación.

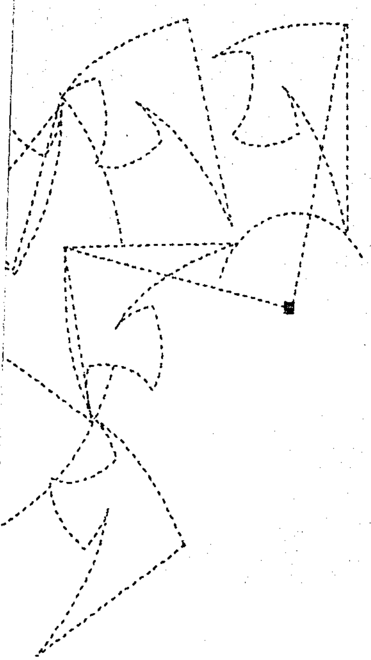
Los motivos resultantes de la expansión son semejantes entre sí, ya que su forma y su proporción se mantienen, sólo varía su tamaño. A esta operación se le identifica con la letra **E**.

En algunos casos a las figuras producto de una expansión, dilatación o extensión se les denomina gnomon, que significa, *según Aristóteles, el Gnomon en geometría es la figura resultante de la superposición de dos de ellas iguales o semejantes, pero de medidas proporcionales.*[31] El **gnomon** es una expansión, ya que es la superposición de dos o más motivos de igual forma pero de diferente tamaño, es decir, son dos o más motivos en diferente escala pero proporcionales. La palabra escala proviene del latín *scalam* y significa *sucesión ordenada de cosas distintas, pero de la misma especie.*[32] Proporción proviene del latín *proportionem* que significa *relación en cuanto a magnitud, cantidad o grado, de una cosa con otra o de una parte con el todo. Igualdad entre dos razones.*[33]



Ejemplos de expansión, dilatación, extensión o gnomon





Algunas de las combinaciones posibles se observan en la siguiente tabla:

	T	R	S	E	TT	RR	SS	EE	TTT	RRR	SSS	EEE
T	TT	TR	TS	TE	TTT	TRR	TSS	TEE	TTTT	TRRR	TSSS	TEEE
R	RT	RR	RS	RE	RTT	RRR	RSS	REE	RTTT	RRRR	RSSS	REEE
S	ST	SR	SS	SE	STT	SRR	SSS	SEE	STTT	SRRR	SSSS	SEEE
E	ET	ER	ES	EE	ETT	ERR	ESS	EEE	ETTT	ERRR	ESSS	EEEE

2. Operaciones compuestas de yuxtaposición

Existe la posibilidad de combinar entre sí algunas o todas las operaciones básicas de yuxtaposición, con lo que se obtiene una simetría más compleja, estas combinaciones constituyen las **operaciones compuestas de yuxtaposición** y se desarrollan en tres modalidades: operaciones secuenciales o consecutivas, operaciones simultáneas y operaciones secuenciales con simultáneas.

Todos los ejemplos que se analizaron anteriormente son de operaciones básicas o simples, ahora se analizarán las operaciones compuestas.

A la expresión escrita de la combinación de operaciones se le denomina fórmula, y para mayor claridad se utilizan letras mayúsculas para las operaciones secuenciales o consecutivas: **T, R, S** y **E**; y letras minúsculas para las operaciones simultáneas: **t, r, s** y **e**.

Operaciones secuenciales o consecutivas

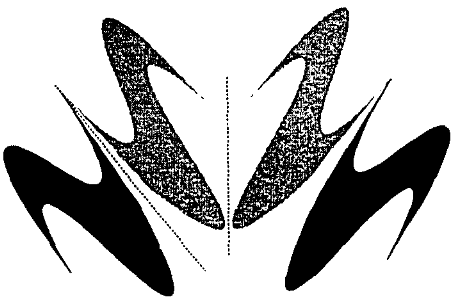
La palabra secuencial proviene del latín *sequentiam* que significa continuación y de *sequi* que significa seguir, se define como *continuidad, sucesión ordenada. Serie o sucesión de cosas que guardan entre sí cierta relación.*[34] La palabra consecutivo proviene del latín *consêqui* que significa ir detrás de uno, y se define como *que se sigue a otra cosa inmediatamente.*[35] Consecuente quiere decir *que sigue en orden respecto de una cosa, o está situado a su continuación.*[36] Consecuencia proviene del latín *consequentîam* y significa *hecho o acontecimiento que se sigue o resulta necesariamente de otro.*[37] Por lo tanto, las **operaciones secuenciales** o **consecutivas de yuxtaposición** son aquellas que están constituidas por la sucesión de desarrollos de dos o varias operaciones básicas, desarrollos que se presentan uno como consecuencia de otro, es importante destacar que en cada una de las acciones que sufre el motivo se puede realizar a la vez única y exclusivamente una de todas las operaciones básicas, una vez desarrollada la primera se prosigue a desarrollar la segunda, consecuencia de la primera, y así sucesivamente.

Todas las combinaciones o fórmulas de la tabla han sido expresadas con letras mayúsculas, luego entonces, siempre que se vea una fórmula de operaciones de simetría con letras mayúsculas se estará hablando de operaciones secuenciales o consecutivas. Es importante destacar que el desarrollo de estas operaciones se debe hacer exactamente en el mismo orden en que se expresa la fórmula, por consiguiente, el número de acciones que se ejerce sobre el motivo debe ser igual al número de letras mayúsculas que contiene la fórmula.

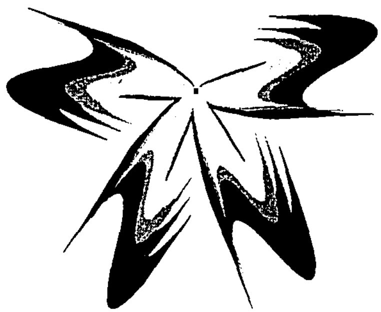
En las fórmulas de las operaciones secuenciales pueden aparecer una o todas las letras varias veces, es decir, se pueden repetir las operaciones básicas innumerablemente, ya que los desarrollos de las operaciones secuenciales son uno consecuencia del otro.

En el desarrollo de las operaciones secuenciales o consecutivas el producto de las operaciones se irá sumando, conformando así un motivo compuesto; de tal manera que el resultado del desarrollo de la primera operación será una unidad, la cual se tomará como un motivo para desarrollar la segunda operación, el resultado de la primera operación sumado al resultado de la segunda será una unidad, la cual se tomará como un solo motivo para realizar la tercera operación y así sucesivamente.

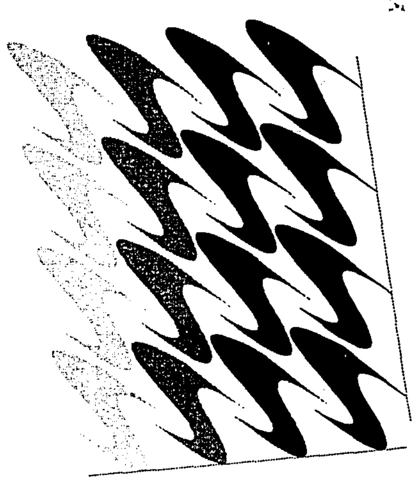
Cabe aclarar que para evitar confusiones, en algunos casos, cuando en una fórmula aparezcan las letras S o E (reflexión o expansión), éstas deberán desarrollarse antes que cualquier otra operación.



SS reflexión que se refleja



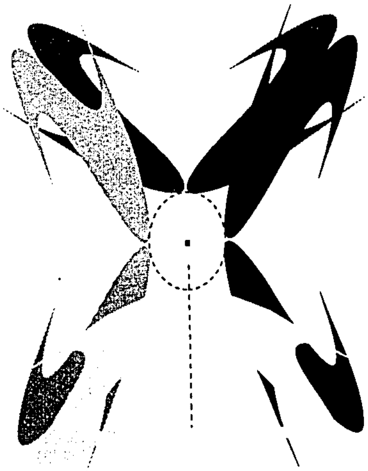
RE rotación que se expande



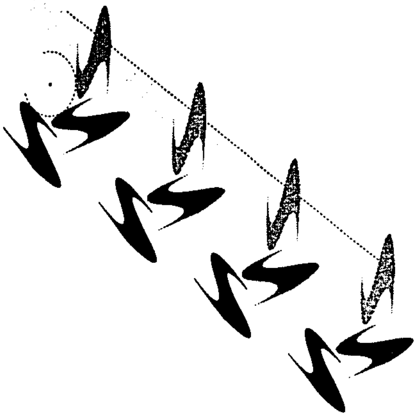
TT traslación que se traslada

TR traslación que se rota

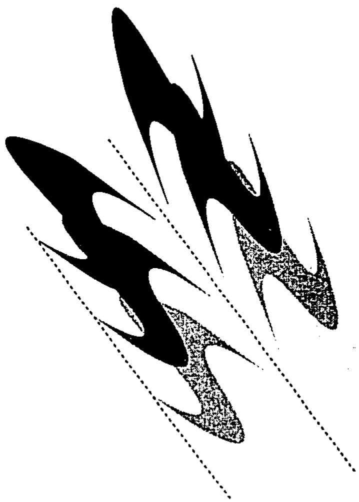
RR rotación que se rota



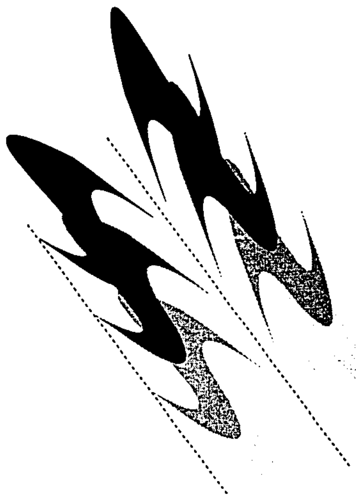
SR reflexión que se rota



RT rotación que se traslada

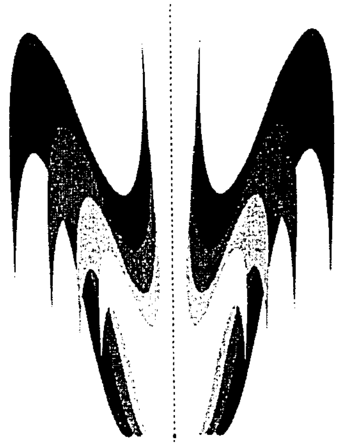


ST reflexión que se traslada

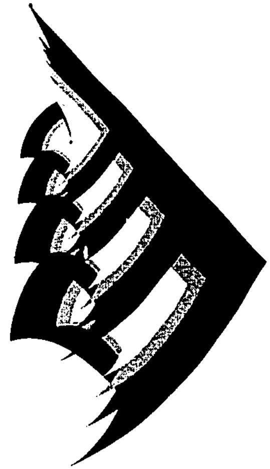


TS traslación que se refleja

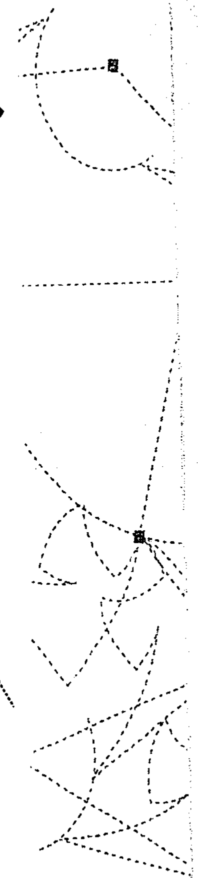
TE traslación que se expande

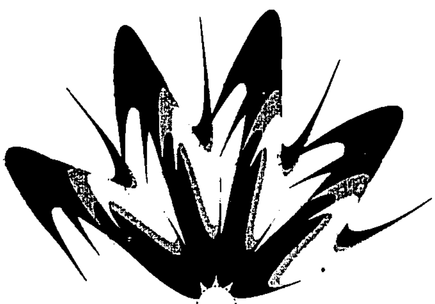


SE reflexión que se expande

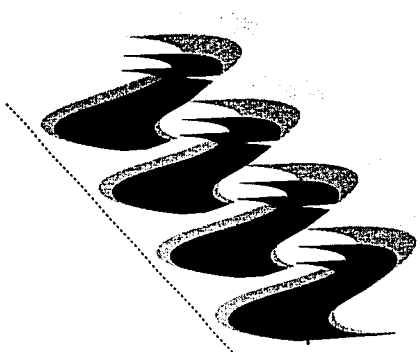


EE expansión que se expande

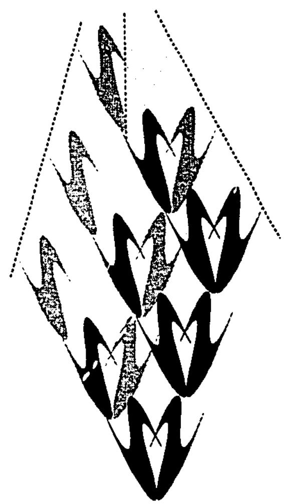




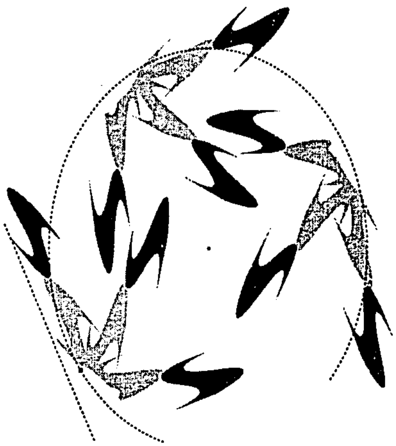
ER expansión que se rota



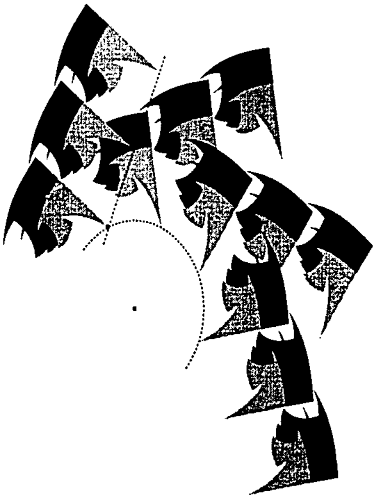
ET expansión que se traslada



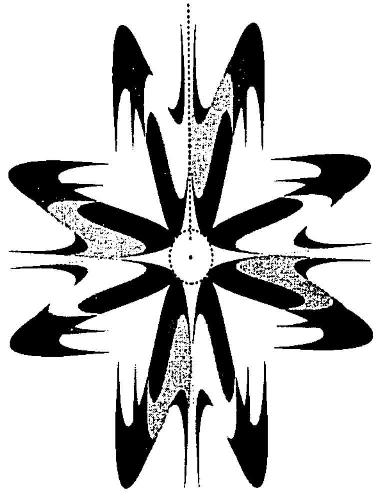
STT reflexión que se traslada y se traslada



TRR traslación que se rota y se rota

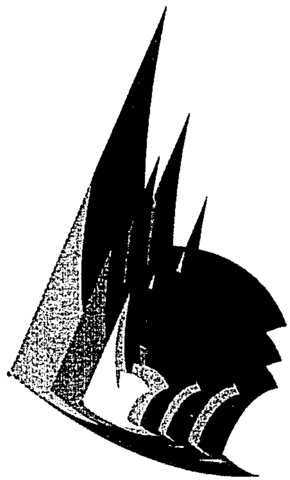


ETR expansión que se traslada y se rota

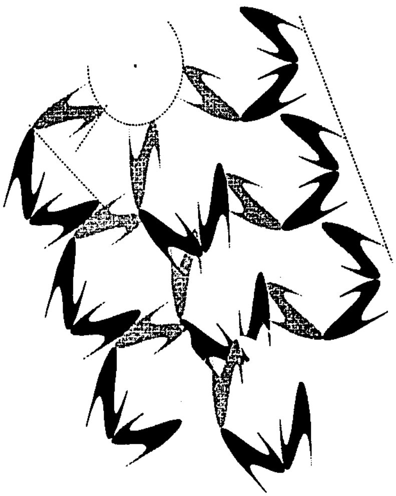


SER reflexión que se expande y se rota

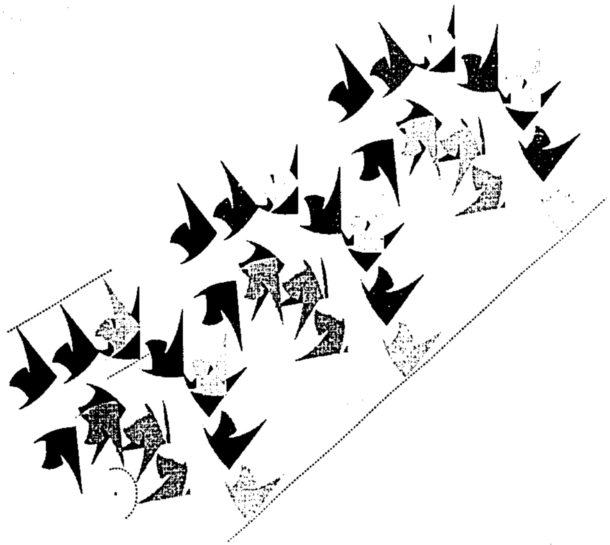
RRT rotación que se rota y se traslada



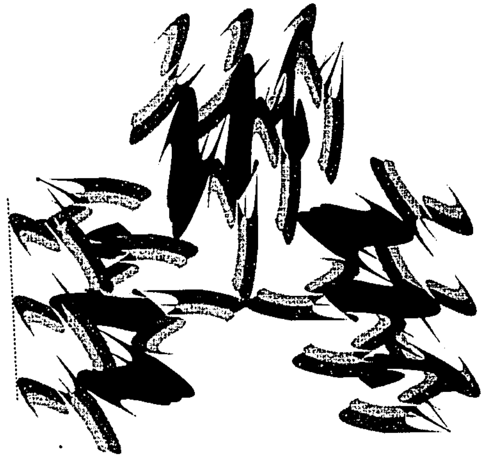
EEE expansión que se expande y se expande



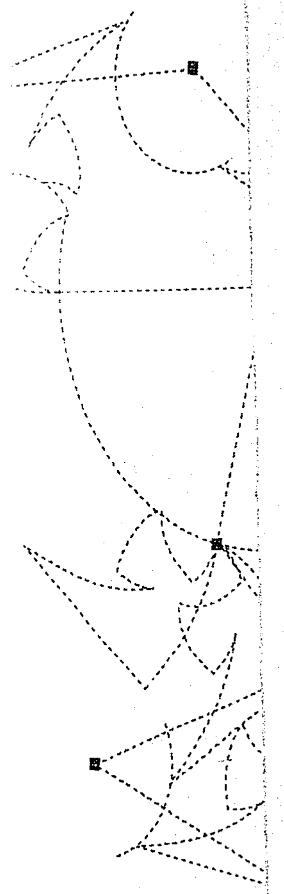
SSRT reflexión que se refleja, se rota y se traslada

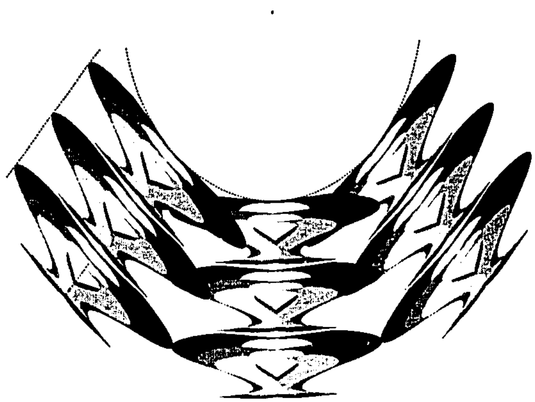


STRT reflexión que se traslada, se rota y se traslada

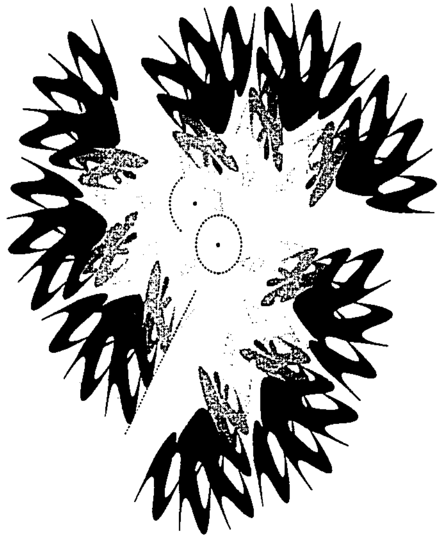


ETRR expansión que se traslada, se rota y se rota

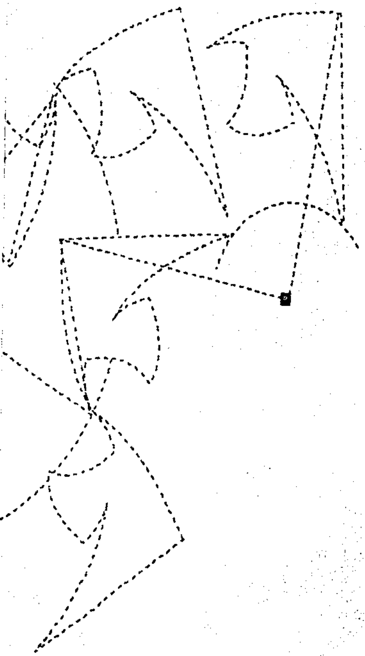




SETR reflexión que se expande, se traslada y se rota



TRRR traslación que se rota, se rota y se rota



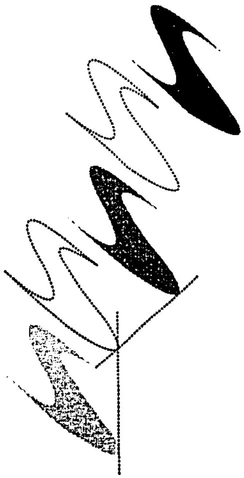
Operaciones simultáneas

La palabra simultáneo proviene del latín *simul* que significa juntamente a una, y se define como *que se hace u ocurre al mismo tiempo que otra cosa.*[38] Las **operaciones simultáneas de yuxtaposición** son aquellas que están integradas por el desarrollo de dos o más operaciones básicas al mismo tiempo, y no consecutivas como en las operaciones secuenciales; es decir, en cada una de las acciones que sufre el motivo se pueden realizar a la vez varias o todas las operaciones básicas de yuxtaposición, dado que actúan como una sola.

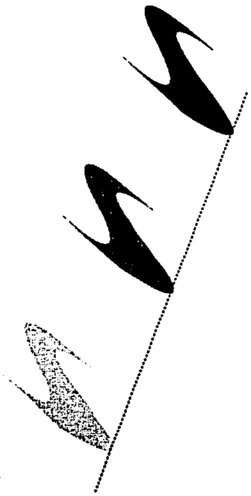
Es importante recordar que para identificar a las operaciones simultáneas se utilizan letras minúsculas para expresar las fórmulas, de tal manera que cuando se vea una fórmula con letras minúsculas, no importa cuántas, se trata de una operación simultánea y no de una secuencial; y por consiguiente se realizan en un sola acción todas las operaciones básicas que se expresen en dicha fórmula.

Algunas de las combinaciones posibles son:

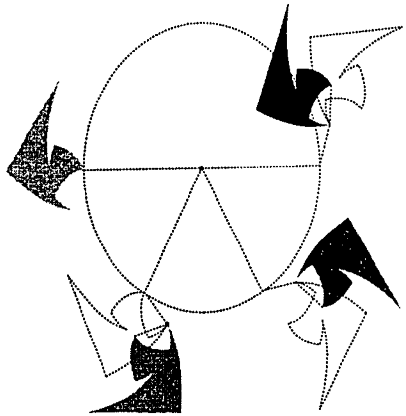
	t	**r**	**s**	**e**
t		tr	ts	te
r	rt		rs	re
s	st	sr		se
e	et	er	es	
tr	trt		trs	tre
ts	tst	tsr		tse
te	tet	ter	tes	
rt		rtr	rts	rte
rs	rst	rsr		rse
re	ret	rer	res	
st		str	sts	ste
sr	srt		srs	sre
se	set	ser	ses	
trs	trst	trsr		trse
rtes	rtest	rtesr		rtese



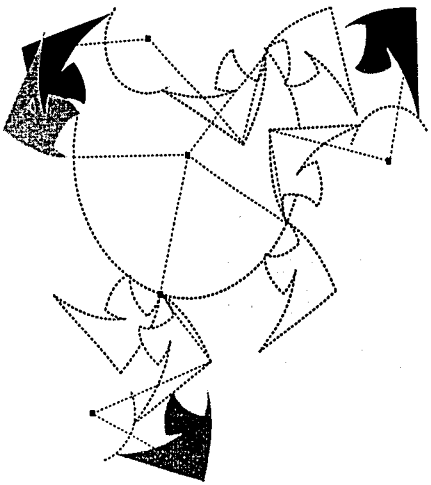
tt traslación con traslación



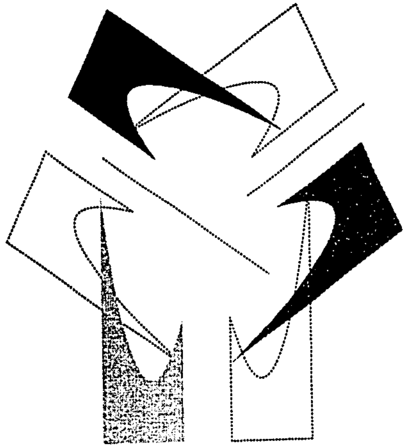
T traslación



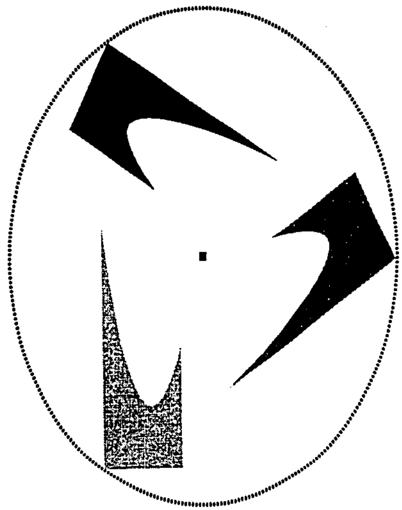
rr rotación con rotación



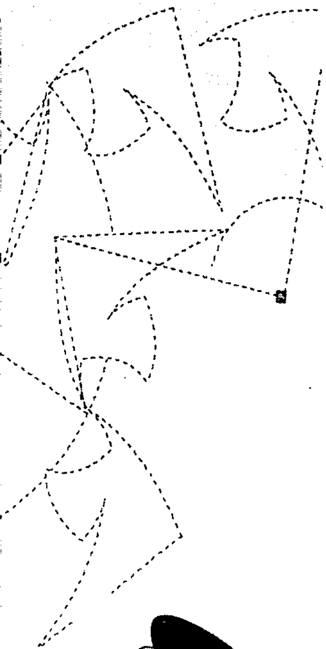
rrr rotación con rotación y con rotación

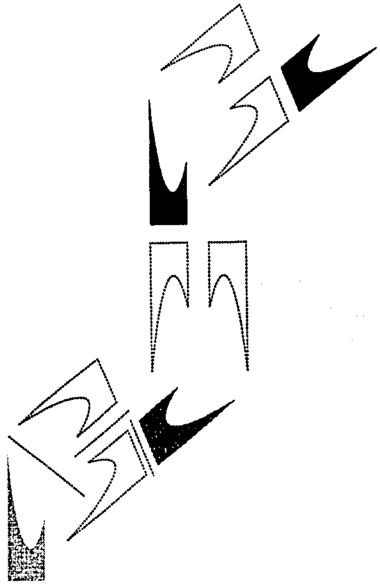


ss reflexión con reflexión

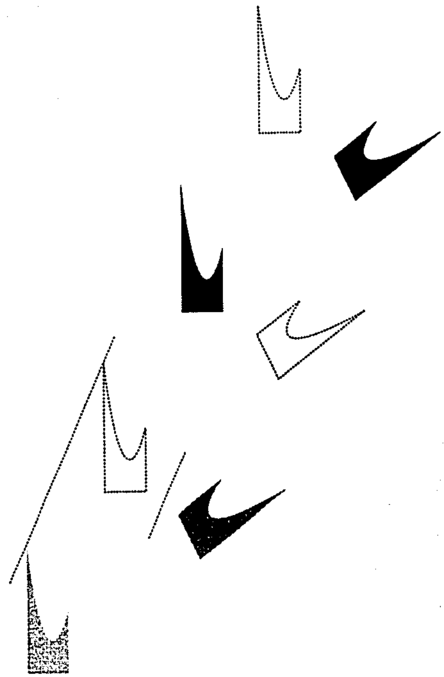


R rotación

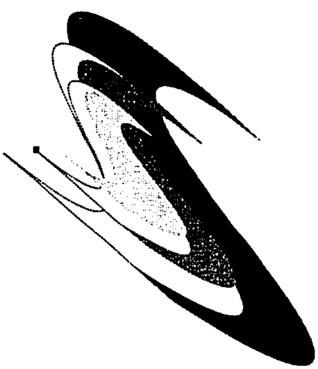




sss reflexión con reflexión y con reflexión

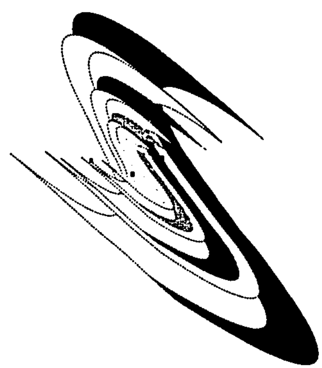


ts traslación con reflexión

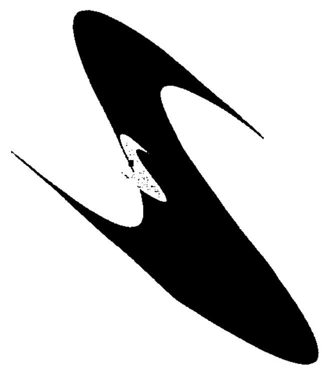


ee expansión con expansión

E expansión



eee expansión con expansión y con expansión

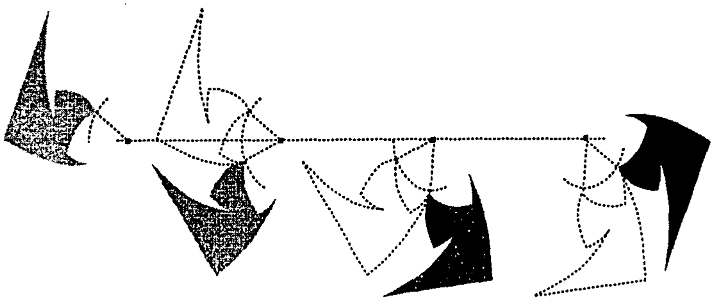


E expansión

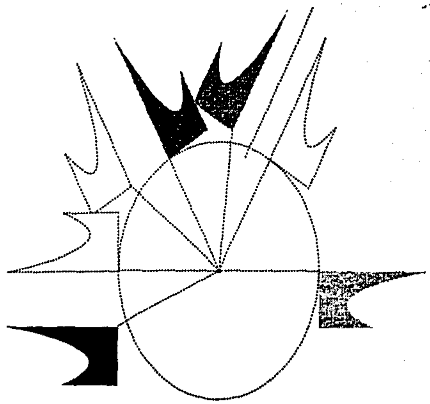
Wolf y Kuhn dicen que *una rotación puede remplazarse, por principio, por dos reflexiones especulares acopladas, y tendrían entonces el símbolo ss.*[39] Que *si se acoplan, por ejemplo, dos traslaciones de direcciones diferentes se las puede remplazar por una sola en dirección resultante. Al acoplar dos rotaciones aparece una rotación. La unión de reflexiones especulares produce una rotación si el número de reflexiones es par, y rotación con reflexión especular (reflexión rotatoria) si es impar.*[40]

Esto se puede observar en el desarrollo de las fórmulas anteriores *tt*, ss, ee y eee, en donde en realidad se está ejerciendo una sola acción en cada una de ellas, las demás se anulan por ser la misma operación. La operación *tt* es una simple traslación *T*, la *ss* es una rotación *R*, y las ee y eee son una expansión simple *E*; por esto ninguna de ellas aparece en la tabla anterior.

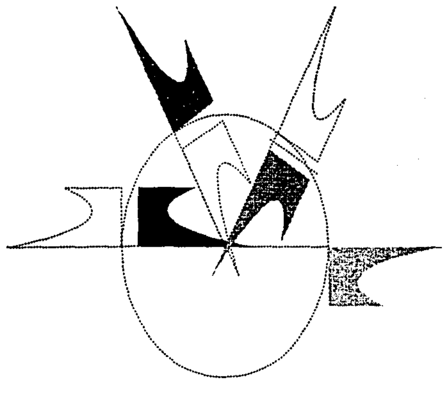
La operación sss también es una traslación con reflexión *ts*, por lo que, en casos como éste, en el momento de hacer su interpretación, se toma como válida la operación más sencilla.



tr traslación con rotación

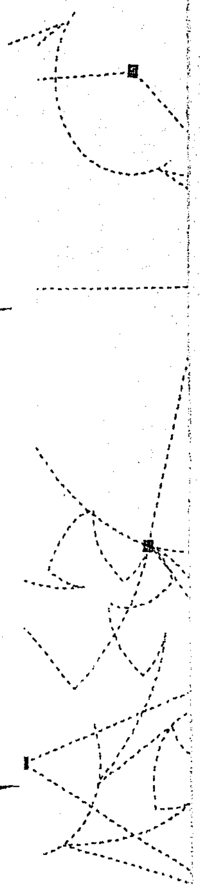


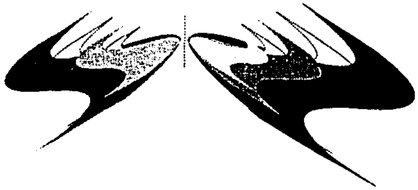
rs rotación con reflexión



rs rotación con reflexión

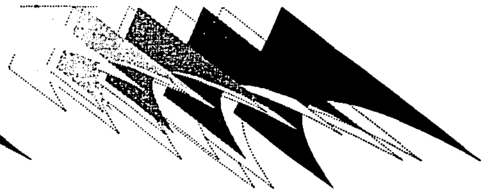
En algunos casos, aunque se esté desarrollando la misma fórmula el resultado puede ser diferente, tal es el caso de los dos últimos ejemplos



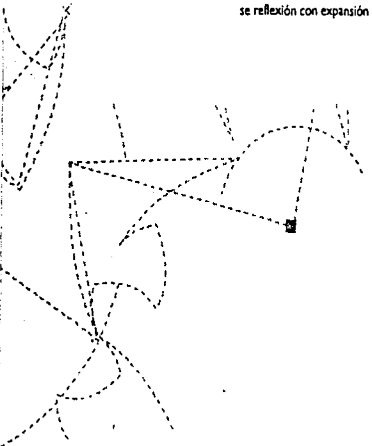


se reflexión con expansión

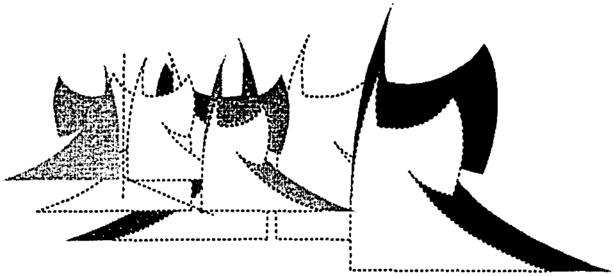
et expansión con traslación



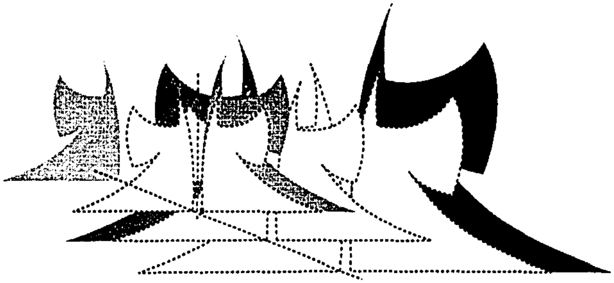
ete expansión con traslación y con expansión



Otra manera de aplicar la expansión es aumentar la distancia con que se presentan los motivos, esto se puede observar en el ejemplo anterior; sin embargo, cabe aclarar que si lo que se expande es la distancia entre los motivos, éstos deberán seguir siendo del mismo tamaño.

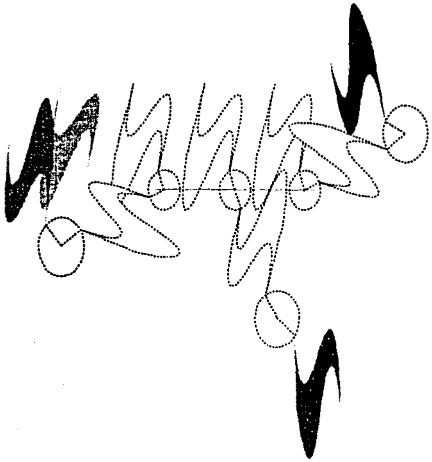


ste reflexión con traslación y con expansión

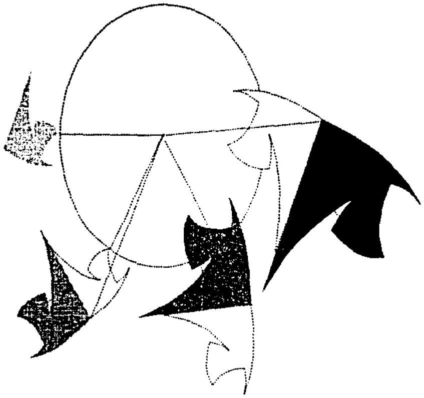


tse traslación con reflexión y con expansión

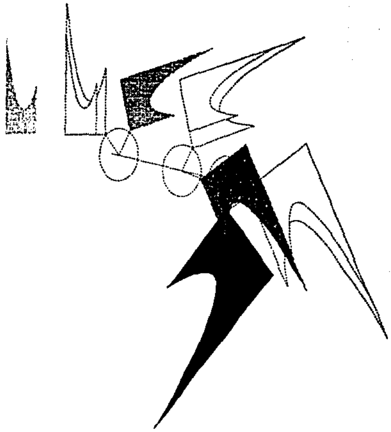
Nótese que el resultado de las operaciones *ste* y *tse* es el mismo, por lo tanto, es importante destacar que el orden en que las letras minúsculas se presentan en cada fórmula de las operaciones simultáneas es indiferente.



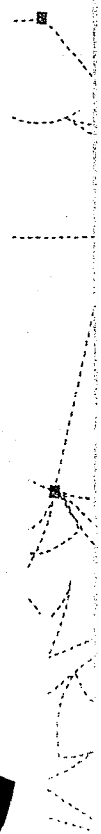
trr traslación con rotación y con rotación

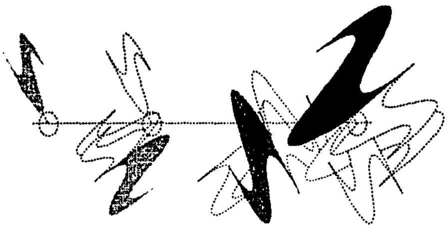


rse rotación con reflexión y con expansión

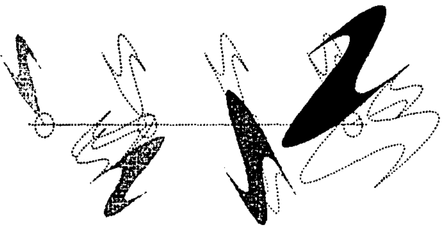


ter traslación con expansión y con rotación

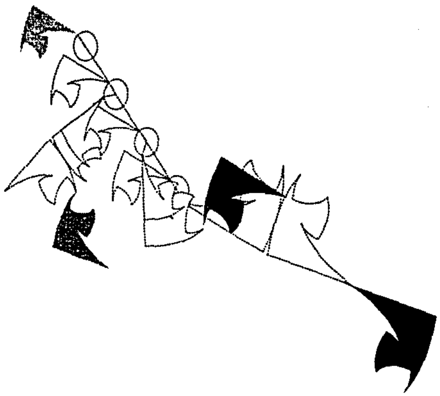




tres traslación con rotación, con expansión y con reflexión



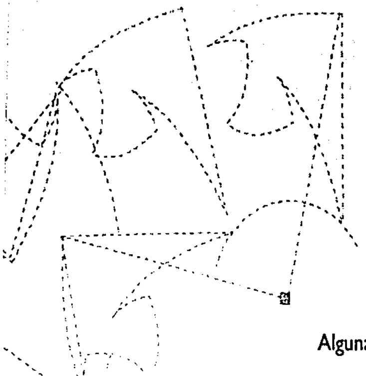
tres traslación con rotación, con expansión y con reflexión



tresr traslación con rotación, con expansión, con reflexión y con rotación

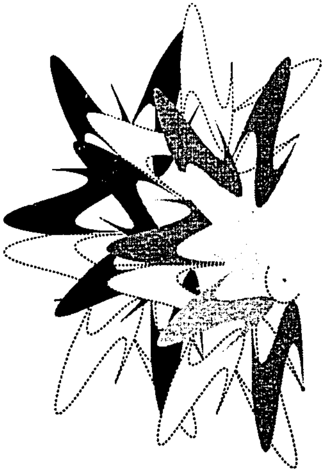
Operaciones secuenciales con simultáneas

Dentro de las operaciones compuestas existe otra posibilidad más amplia que las dos anteriores, y es la combinación de **operaciones secuenciales con operaciones simultáneas de yuxtaposición.** En el desarrollo de estas combinaciones es muy importante poner atención a la fórmula y observar cuáles letras son mayúsculas y cuáles minúsculas, para poder desarrollarlas sin confusiones y por consiguiente sin errores. También en este caso el producto de las operaciones se irá sumando, dando como resultado un solo motivo compuesto, de tal manera que cada vez que se desarrolle alguna operación de la fórmula, ya sea secuencial o simultánea, el motivo y el producto de ésta se tomarán como una unidad y será el motivo a partir del cual se desarrollará la siguiente operación de la fórmula.



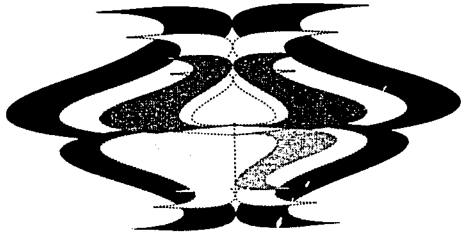
Algunas de las combinaciones se presentan en la siguiente tabla:

	t	**r**	**s**	**e**	**tr**	**ts**	**te**	**rs**	**re**	**se**	**trs**	**tre**	**tse**	**rse**	**trse**
T	Tt	Tr	Ts	Te	Ttr	Tts	Tte	Trs	Tre	Tse	Ttrs	Ttre	Ttse	Trse	Ttrse
R	Rt	Rr	Rs	Re	Rtr	Rts	Rte	Rrs	Rre	Rse	Rtrs	Rtre	Rtse	Rrse	Rtrse
S	St	Sr	Ss	Se	Str	Sts	Ste	Srs	Sre	Sse	Strs	Stre	Stse	Srse	Strse
E	Et	Er	Es	Ee	Etr	Ets	Ete	Ers	Ere	Ese	Etrs	Etre	Etse	Erse	Etrse
TT	TTt	TTr	TTs	TTe	TTtr	TTts	TTte	TTrs	TTre	TTse	TTtrs	TTtre	TTtse	TTrse	TTtrse
TR	TRt	TRr	TRs	TRe	TRtr	TRts	TRte	TRrs	TRre	TRse	TRtrs	TRtre	TRtse	TRrse	TRtrse
TS	TSt	TSr	TSs	TSe	TStr	TSts	TSte	TSrs	TSre	TSse	TStrs	TStre	TStse	TSrse	TStrse
TE	TEt	TEr	TEs	TEe	TEtr	TEts	TEte	TErs	TEre	TEse	TEtrs	TEtre	TEtse	TErse	TEtrse
RT	RTt	RTr	RTs	RTe	RTtr	RTts	RTte	RTrs	RTre	RTse	RTtrs	RTtre	RTtse	RTrse	RTtrse
RR	RRt	RRr	RRs	RRe	RRtr	RRts	RRte	RRrs	RRre	RRse	RRtrs	RRtre	RRtse	RRrse	RRtrse
RS	RSt	RSr	RSs	RSe	RStr	RSts	RSte	RSrs	RSre	RSse	RStrs	RStre	RStse	RSrse	RStrse
RE	REt	REr	REs	REe	REtr	REts	REte	RErs	REre	REse	REtrs	REtre	REtse	RErse	REtrse
ST	STt	STr	STs	STe	STtr	STts	STte	STrs	STre	STse	STtrs	STtre	STtse	STrse	STtrse
SR	SRt	SRr	SRs	SRe	SRtr	SRts	SRte	SRrs	SRre	SRse	SRtrs	SRtre	SRtse	SRrse	SRtrse
SS	SSt	SSr	SSs	SSe	SStr	SSts	SSte	SSrs	SSre	SSse	SStrs	SStre	SStse	SSrse	SStrse
SE	SEt	SEr	SEs	SEe	SEtr	SEts	SEte	SErs	SEre	SEse	SEtrs	SEtre	SEtse	SErse	SEtrse
ET	ETt	ETr	ETs	ETe	ETtr	ETts	ETte	ETrs	ETre	ETse	ETtrs	ETtre	ETtse	ETrse	ETtrse
ER	ERt	ERr	ERs	ERe	ERtr	ERts	ERte	ERrs	ERre	ERse	ERtrs	ERtre	ERtse	ERrse	ERtrse
ES	ESt	ESr	ESs	ESe	EStr	ESts	ESte	ESrs	ESre	ESse	EStrs	EStre	EStse	ESrse	EStrse
EE	EEt	EEr	EEs	EEe	EEtr	EEts	EEte	EErs	EEre	EEse	EEtrs	EEtre	EEtse	EErse	EEtrse

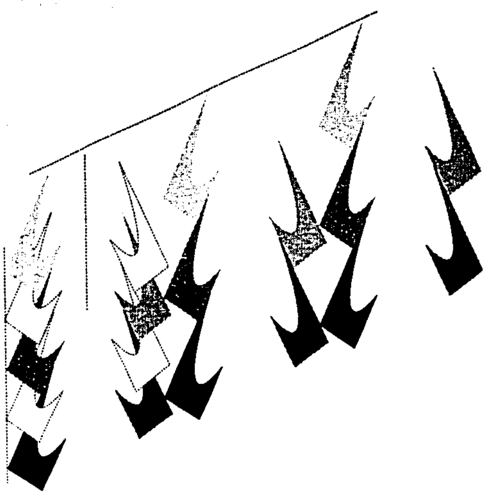


Rrs rotación que se rota con reflexión

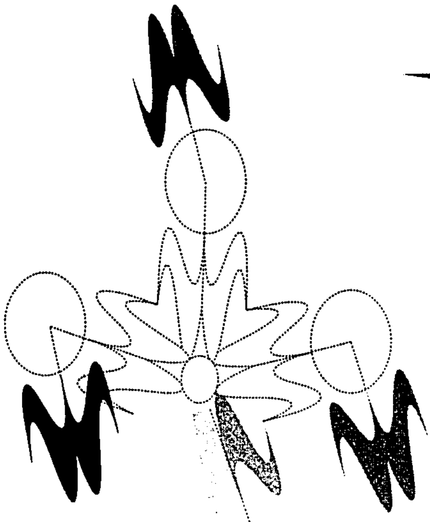
Ets expansión que se traslada con reflexión



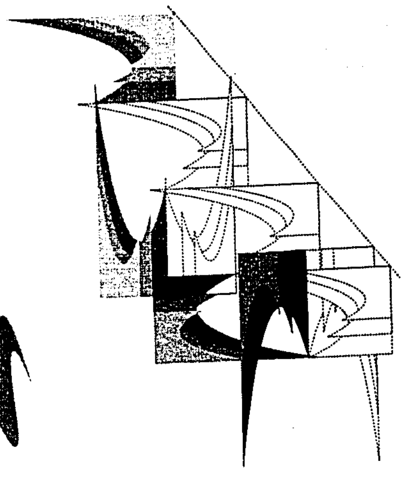
Sse reflexión que se refleja con expansión



stT reflexión con traslación que se traslada

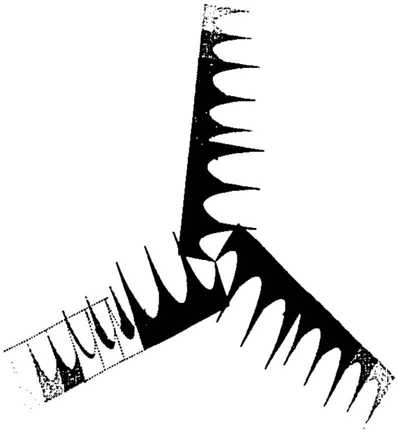


Srr reflexión que se rota con rotación

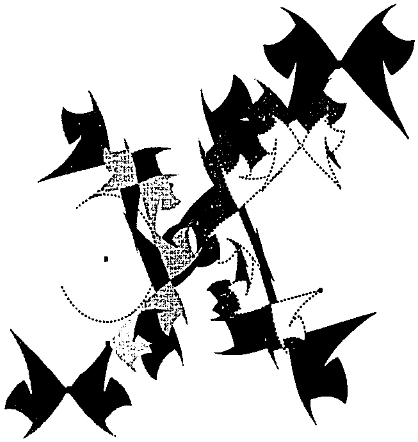


Etrs expansión que se traslada con rotación y con reflexión

ETre expansión que se traslada, y se rota con expansión

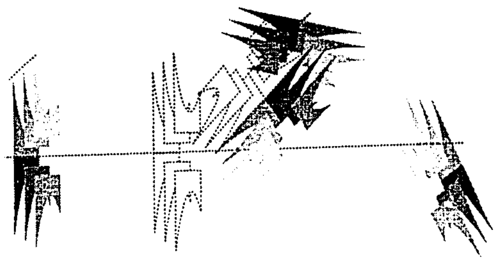


TteR traslación que se traslada con expansión, y se rota



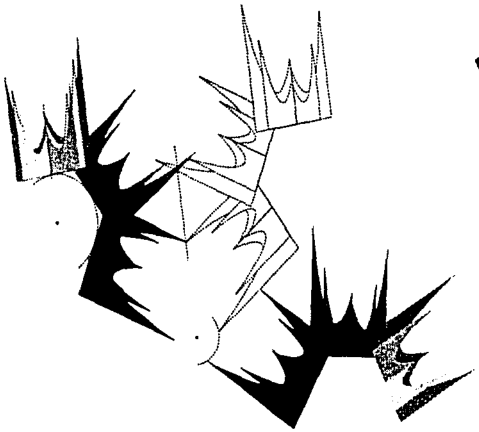
SRre reflexión que se rota, y se rota con expansión

erRT expansión con rotación, que se rota y se traslada

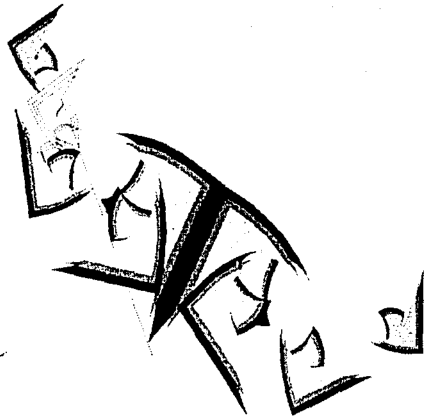


TStrs traslación que se refleja, y se traslada con rotación y con reflexión

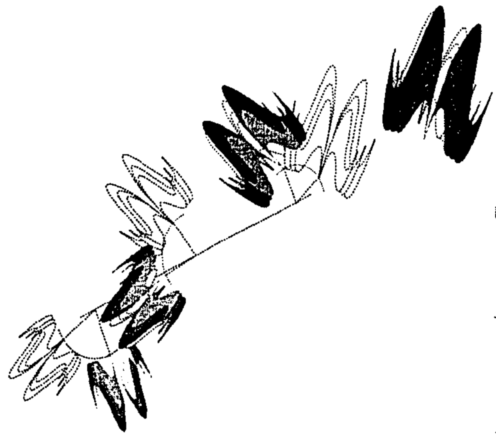
tseTR traslación con reflexión y con expansión, que se traslada y se rota



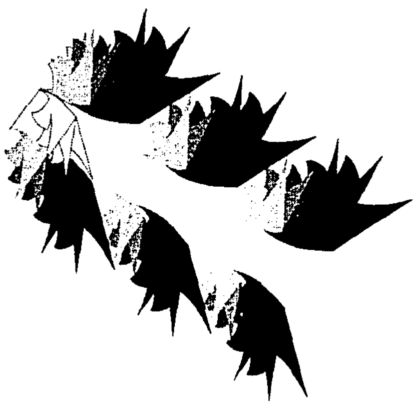
seRsr reflexión con expansión que se rota, y se refleja con rotación



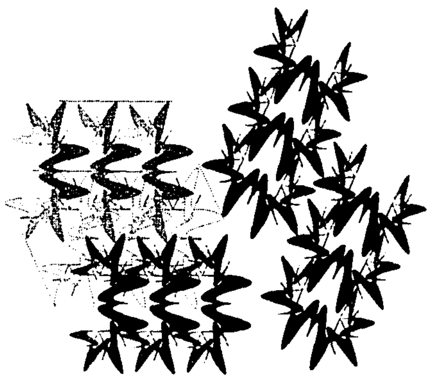
EtreS expansión que se traslada con rotación y con expansión, y se refleja



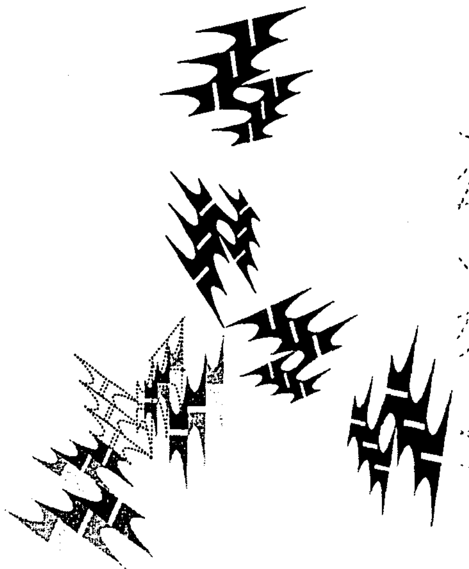
SErte reflexión que se expande, y se rota con traslación y con expansión



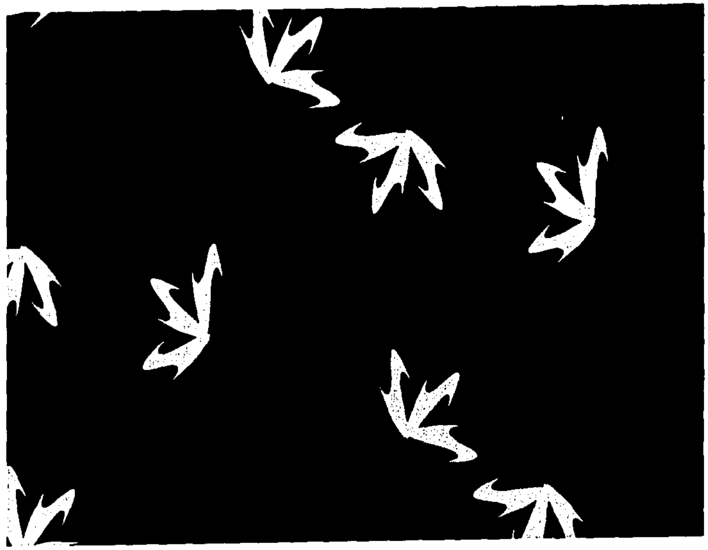
RtseT rotación que traslada con reflexión y con expansión, y se traslada



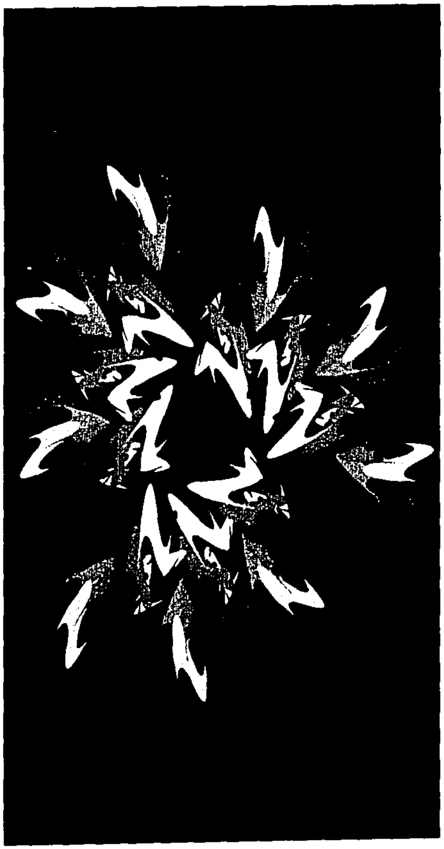
erTSts expansión con rotación que se traslada, se refleja, y se traslada con reflexión



STersR reflexión que se traslada, se expande con rotación y con reflexión, y se rota

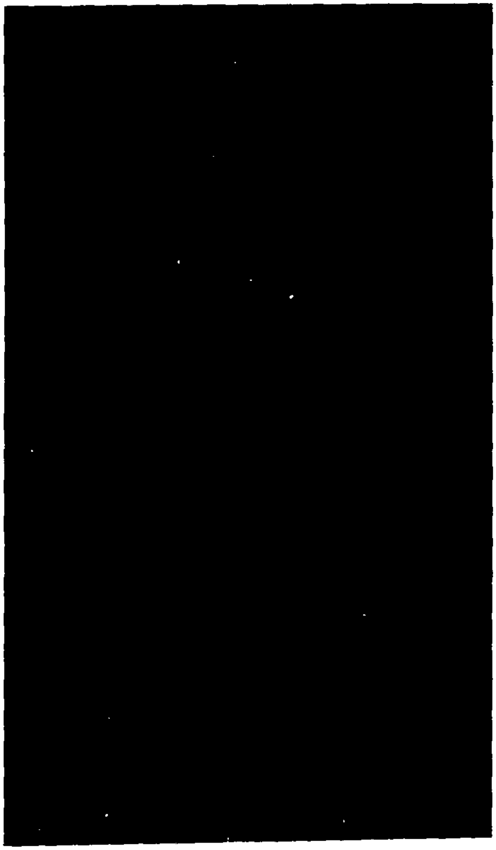


TRR traslación que se rota y se rota

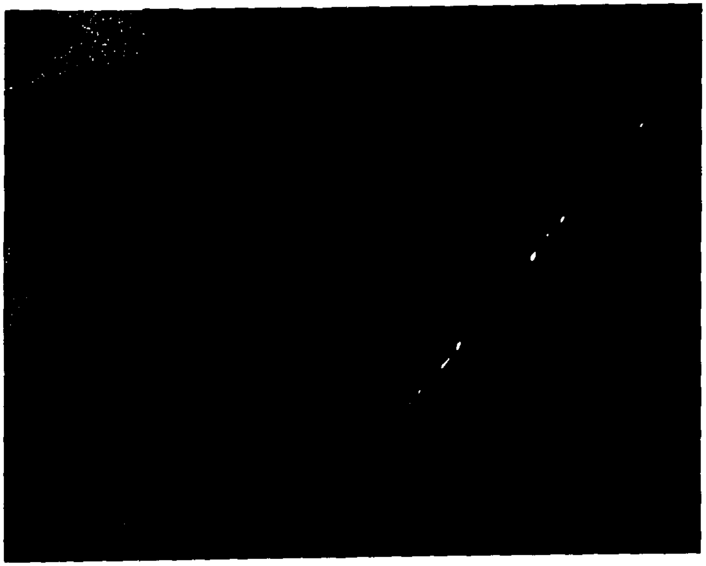


TRRR traslación que se rota, se rota y se rota

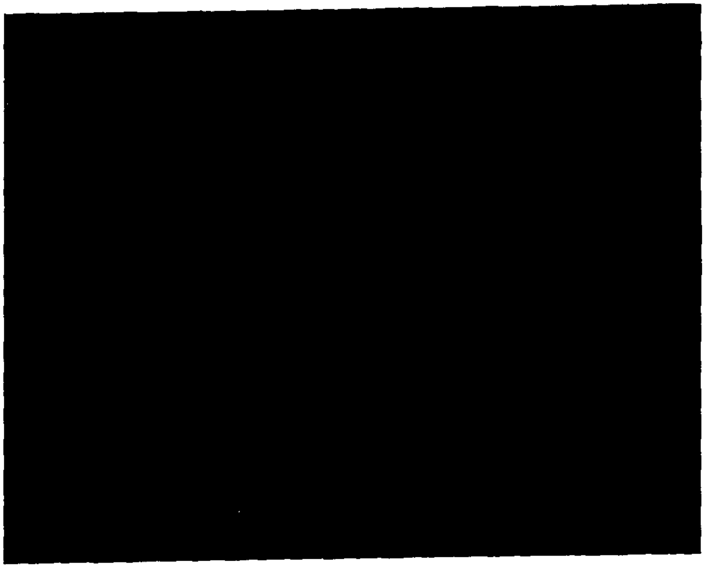
SER reflexión que se expande y se rota



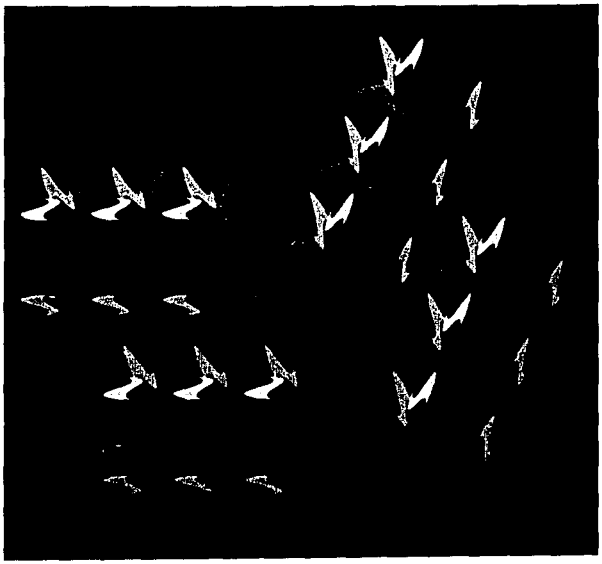
se reflexión con expansión



rse rotación con reflexión y con expansión



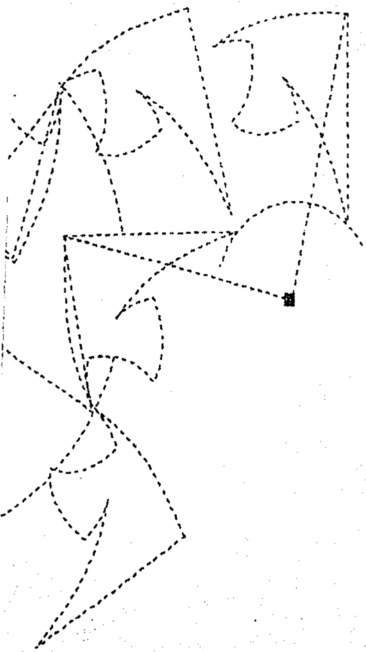
tres traslación con rotación, con expansión y con reflexión



erTSts expansión con rotación que se traslada, se refleja, y se traslada con reflexión

STersR reflexión que se traslada, se expande con rotación y con reflexión, y se rota

Citas bibliográficas



1. Real Academia Española, *Diccionario de la lengua española*, Madrid, España, Espasa-Calpe, 1984, p. 944.
2. *Ibid.*, p. 1229.
3. *Ibid.*, p. 1361.
4. K. L. Wolf y D. Kuhn, *Forma y simetría: Una sistemática de los cuerpos simétricos*, Buenos Aires, Argentina, EUDEBA, 1969, p. 8.
5. *Ibídem.*
6. *Ibid.*, pp. 11 y 14.
7. Gui Bonsiepe, *Teoría y práctica del diseño industrial: Elementos para una manualística crítica*, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1978, p. 163.
8. *Ibídem.*
9. Cfr. Bruno Munari, *Diseño y comunicación visual: Contribución a una metodología didáctica*, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1979, p. 184.
10. *Ibídem.*
11. Jacques Nicolle, *La simetría*, Buenos Aires, Argentina, Mirasol, 1981, pp. 23-26.
12. *Ibídem.*
13. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 728.
14. *Ibid.*, p. 1290.
15. AAVV, *Diccionario enciclopédico Larousse*, Barcelona, España, Planeta Internacional, 1992, vol. 8, p. 2359.
16. Germani Fabris, *Fundamentos del proyecto gráfico*, Barcelona, España, Don Bosco, 1973, p. 40.
17. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 1151.
18. AAVV, *op. cit.*, vol. 7, p. 2099.

19. Real Academia Española, *op. cit.*, pp. 900 y 1159.

20. Germani Fabris, *op. cit.*, p. 42.

21. Robert Gillam Scott, *Fundamentos del diseño*, Buenos Aires, Argentina, Víctor Lero, 1975, p. 47.

22. AAVV, *op. cit.*, vol. 7, p. 2031.

23. Wucius Wong, *Fundamentos del diseño bi- y tri-dimensional*, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1981, p. 21.

24. AAVV, *op. cit.*, vol. 1, p. 249.

25. Germani Fabris, *op. cit.*, p. 41.

26. Robert Gillam Scott, *op. cit.*, p. 46.

27. Christopher Williams, *Los orígenes de la forma*, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1984, p. 130.

28. AAVV, *op. cit.*, vol. 3, p. 923.

29. *Ibid.*, vol. 3, p. 753.

30. *Ibid.*, vol. 3, pp. 926-927.

31. Pablo Tosto, *La composición áurea en las artes plásticas*, Buenos Aires, Argentina, Librería Hachette, 1983, p. 47.

32. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 553.

33. AAVV, *op. cit.*, vol. 7, p. 1970.

34. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 1186.

35. *Ibid.*, p. 346.

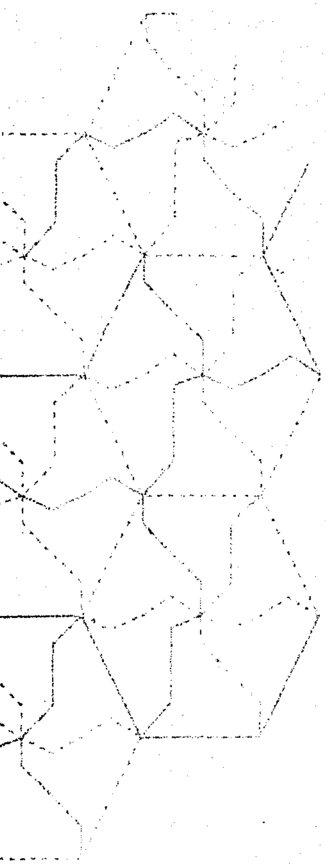
36. *Ibídem*.

37. AAVV, *op. cit.*, vol. 2, p. 591.

38. *Ibid.*, vol. 7, p. 2210.

39. K. L. Wolf y D. Kuhn, *op. cit.*, p. 11.

40. *Ibid.*, p. 15.



CAPÍTULO III

REDES

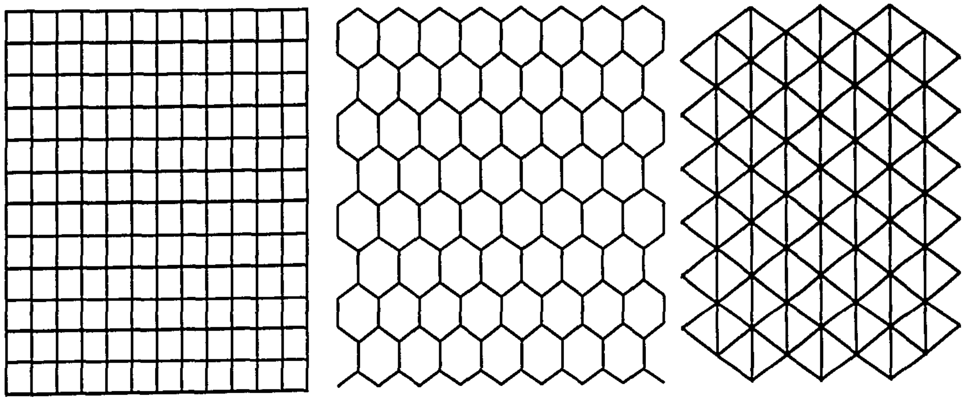
1. Redes

En el capítulo I se habló acerca de la isometría y se definió como la clase de simetría en donde intervienen motivos que poseen la misma forma, el mismo tamaño y la misma interrelación o congruencia. La unión sin intersticio de varios elementos o motivos isomorfos conforman una red, por lo tanto, las redes son isométricas y constituyen un sistema isométrico.

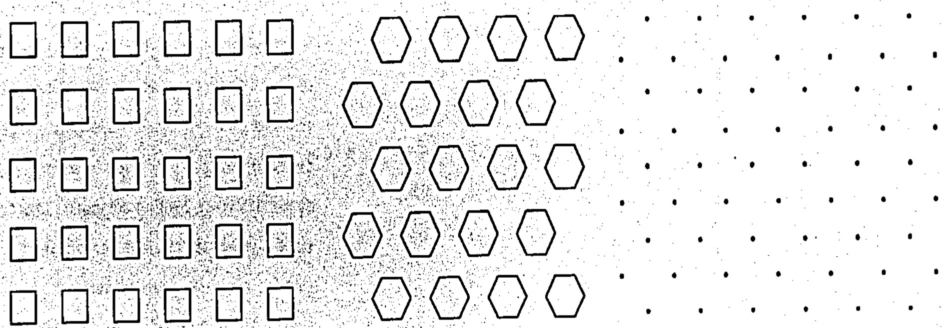
En algunas ocasiones existe confusión en cuanto a los términos red, retícula, malla y trama; se definen para aclarar la diferencia entre uno y otro. La palabra red proviene del latín *rete* y significa *aparejo hecho con hilos, cuerdas o alambres trabados en forma de mallas, y convenientemente dispuestos.*[1] Retícula significa *tejido en forma de red.*[2] Müller-Brockmann, en su libro *Sistemas de retículas* dice que *con la retícula, una superficie bidimensional o un espacio tridimensional se subdividen en campos o espacios más reducidos a modo de reja. Los campos o espacios pueden tener las mismas dimensiones o no. Los campos se separan uno de otro por un espacio intermedio.*[3] La palabra malla significa *tejido poco tupido y transparente, hecho con un hilo que va enlazándose consigo mismo formando agujeros.*[4] Trama significa *especie de pantalla transparente que se coloca delante de la placa sensible, para descomponer la totalidad del original en una serie de puntos que darán la imagen impresora del cliché tramado o para fotograbado directo. Conjunto de hilos cruzados con los de la urdimbre y colocados a lo ancho de un tejido; hilo de seda compuesto de dos o más hilos sencillos, destinado para la trama.*[5] Tramado es una *retícula de puntos, líneas o sombreados que se da a los fotograbados plumas para darles variedad de tono.*[6]

Como válidas para este estudio se dan las siguientes definiciones:

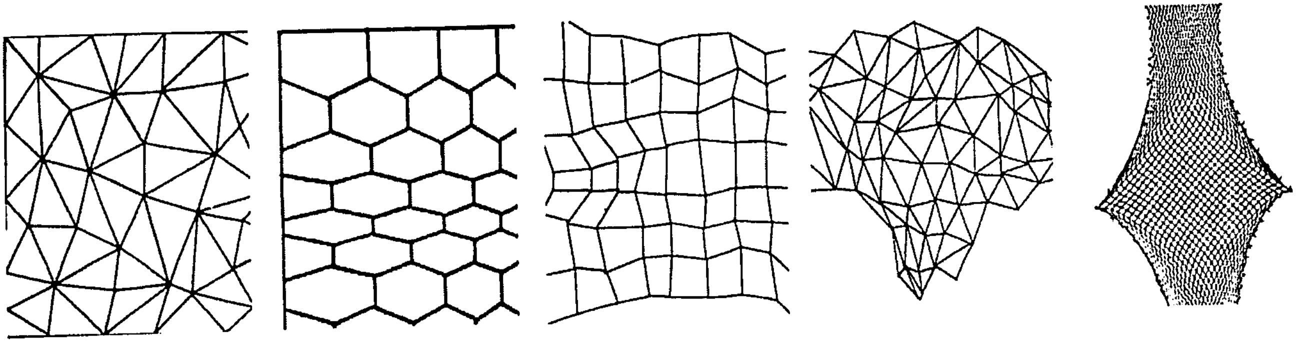
Las **redes** están integradas por la unión sin intersticio de varios motivos iguales o diferentes pero afines, dispuestos de determinada manera y manteniendo constante su disposición; se trata de la división homogénea de una superficie. En este manual se está de acuerdo con la definición de **retícula** que plantea Müller-Brockmann, quien afirma que se trata de la unión de elementos formales iguales y repetitivos que están separados uno del otro, es decir, es la unión de motivos isomorfos con intersticio. La **malla** es la unión sin intersticio de elementos formales desiguales aunque afines, de tal manera que es relativamente irregular. Por último, la **trama** es una serie de líneas o puntos en dos o más direcciones, con trazos completamente libres, de tal manera que van dando diferentes saturaciones para lograr distintos tonos.



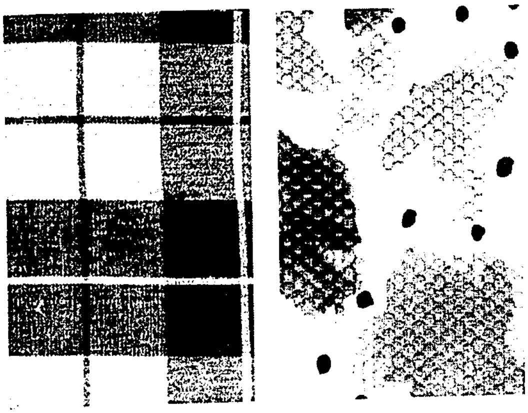
Redes



Retículas



Mallas



Tramas de tela

Tramas de líneas

Trama de puntos

En los capítulos anteriores se mencionó la existencia de elementos componentes que al conjugarse constituyen una simetría o sistema, se definieron y clasificaron por grado de complejidad de la siguiente manera:

A + A = B B + B = C C + C = D

A = parte elemental
B = motivo
C = muestra
D = sistema o simetría

También se mencionó que las partes elementales son las unidades más simples, los componentes que no pueden dividirse en unidades menos complejas y se dijo que son las líneas. Los motivos son las formas, producto de la unión de varias partes elementales o líneas, con lo cual, se habla de unidades un poco más complejas. El agrupamiento mínimo de motivos iguales, semejantes o diferentes pero afines da como resultado una muestra que se puede repetir, ordenadamente, infinidad de veces, constituyendo así, el total de un sistema o simetría.

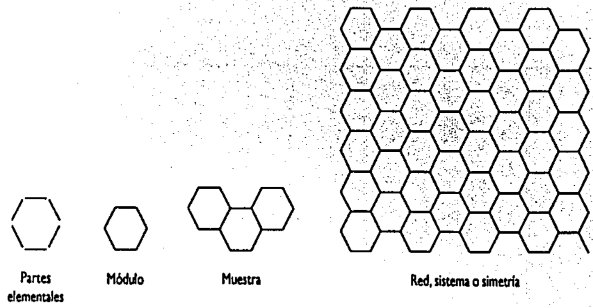
Con respecto al estudio de las redes se cambia el nombre de uno de los componentes que constituyen el sistema o simetría. Exclusivamente para el estudio de las redes bidimensionales, las unidades mínimas o partes elementales son las líneas **A**; la unión de varias líneas iguales, semejantes o afines constituye un módulo **B**; la unión mínima de varios módulos iguales, semejantes o diferentes pero afines da como resultado una muestra **C**, que es el patrón de formación; y por último, la unión de varias muestras iguales da como resultado la red completa o el total del sistema o simetría **D**.

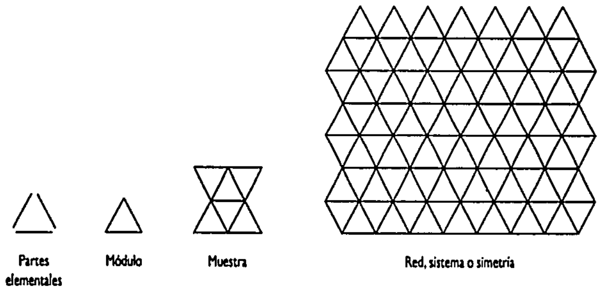
A + A = B B + B = C C + C = D

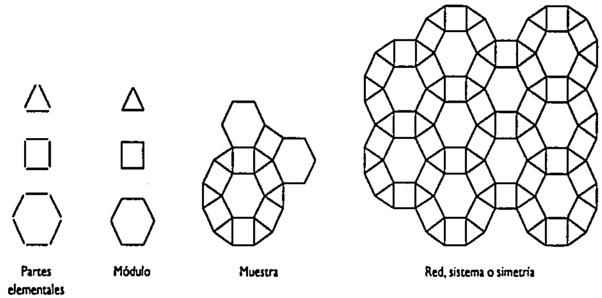
A = parte elemental
B = módulo
C = muestra
D = red, sistema o simetría

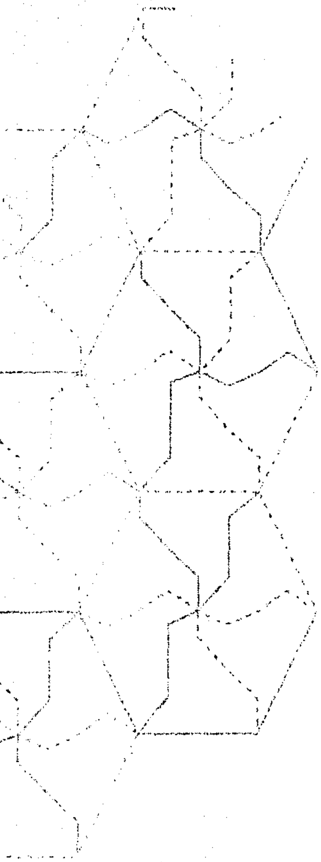
Si se comparan los conceptos estudiados anteriormente y los que se acaban de definir exclusivamente para el estudio de las redes, se tiene que:

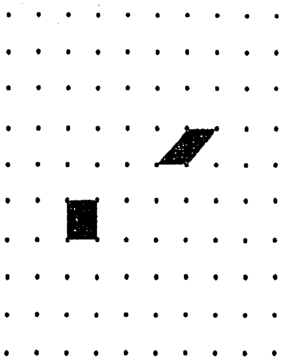
Anteriores		**Redes**
Parte elemental	=	Parte elemental
Motivo	=	Módulo
Muestra	=	Muestra
Sistema o simetría	=	Red, sistema o simetría



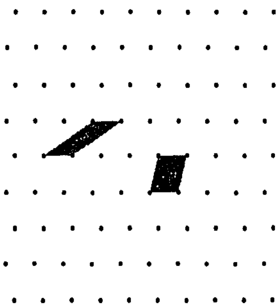




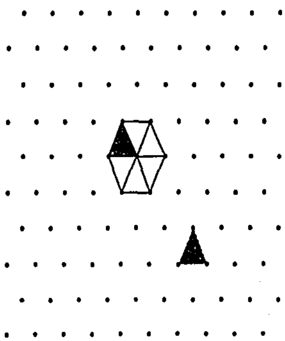




Red de puntos genéricos (paralelogramos o cuadrados)



Red de puntos rómbicos



Red de puntos hexagonales

Existen tres tipos de redes, esta división se da por la variedad en los módulos que las integran: redes de puntos, redes bidimensionales integradas por polígonos y redes tridimensionales integradas por cuerpos.

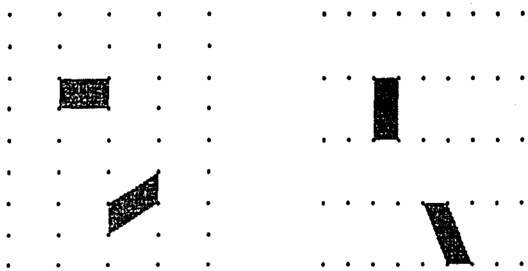
Redes de puntos

Las redes bidimensionales de puntos, son el producto de la traslación de un punto a lo largo de los ejes de un mismo plano.

Bonsiepe plantea la existencia de cinco redes de puntos diferentes:

1. *Red de puntos genérica (en forma de paralelogramo)*
2. *Red de puntos rectangulares*
3. *Red de puntos rómbicos*
4. *Red de puntos cuadrados*
5. *Red de puntos hexagonales*[7]

Estos nombres les han sido asignados dado el módulo que resulta de unir estos puntos entre sí; sin embargo, en esta tesis se difiere con Bonsiepe en cuanto a que sean cinco redes, porque en realidad sólo está manejando cuatro, ya que la red de paralelogramos y la de cuadrados son exactamente iguales, la diferencia entre ellas se da sólo en el momento de unir los puntos y tener como resultado paralelogramos o cuadrados. Por lo tanto, se toma como válida para este estudio la existencia de cuatro redes de puntos: genéricos (de paralelogramos o cuadrados), rectangulares, rómbicos y hexagonales.

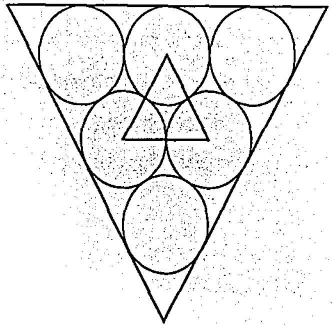


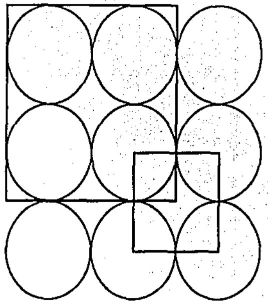
Red de puntos rectangulares

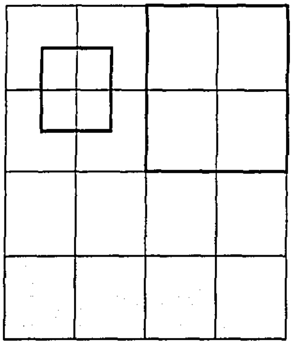
Redes bidimensionales

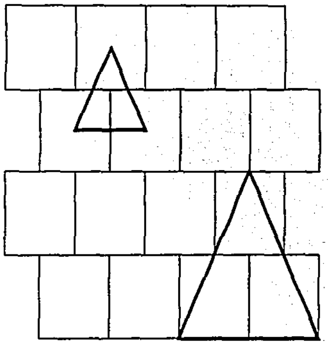
La unión de puntos hace posible la existencia de tres formas bidimensionales básicas: el círculo, el cuadrado y el triángulo.

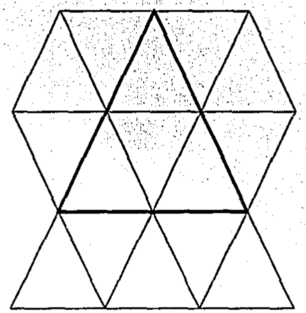
La acumulación o repetición de estas tres formas da como resultado únicamente dos estructuras base, la de cuadrados y la de triángulos equiláteros.[8]

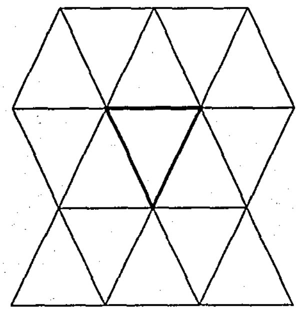


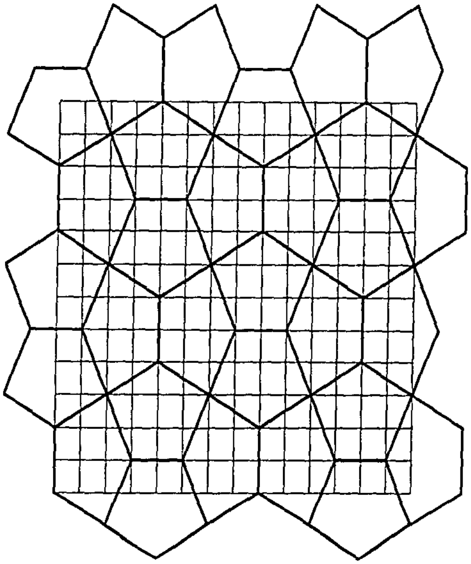


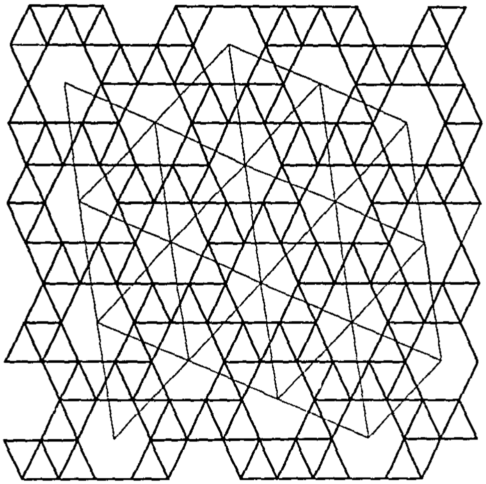










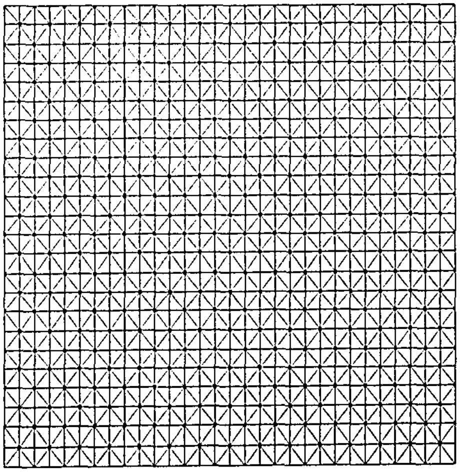


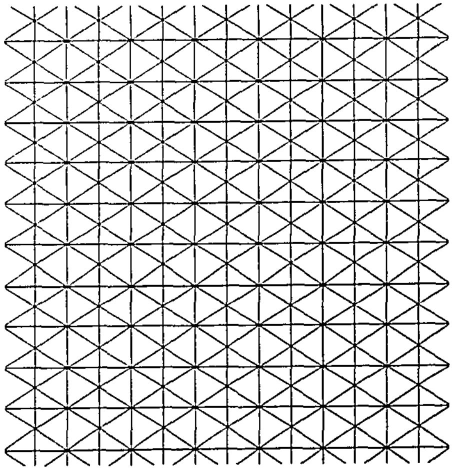
La palabra estructura proviene del latín *structuram* y significa *manera en que las diferentes partes de un conjunto, concreto o abstracto, están dispuestas entre sí y son solidarias, y sólo adquieren sentido en relación al conjunto. Armadura que constituye el esqueleto de algo y que sirve para sostener un conjunto.*[9] Bruno Munari afirma que las estructuras son un equilibrio de fuerzas y las define como *construcciones (del latín* struere, *construir) que son generadas por la repetición de formas iguales o semejantes en estrecho contacto entre sí o en tres dimensiones.*[10] Wucius Wong dice que *la estructura debe gobernar la posición de las formas en un diseño.*[11] Tomando un poco de cada una de estas definiciones se afirma que la **estructura** es el ordenador que define la disposición de los elementos formales en un diseño o en una forma; asimismo, es el esqueleto-patrón que sostiene un módulo o la unión de varios módulos, sin importar si éstos son iguales o diferentes. Por lo tanto, y de acuerdo con Munari sólo existen dos estructuras base, la de triángulos equiláteros y la de cuadrados, de donde si se conjugan entre sí se derivan otras más, como la rectangular, la hexagonal, etc., y en general todas las formas.

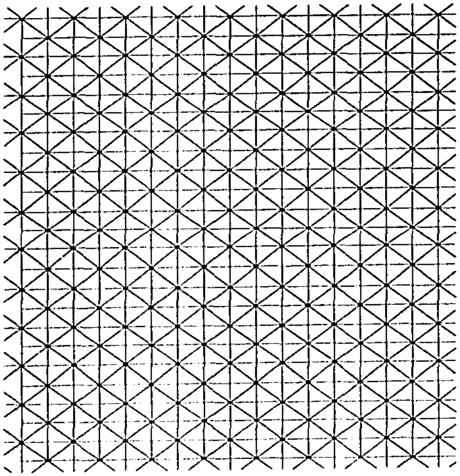
Estas dos estructuras sirven como patrón para la formación de redes bidimensionales y tridimensionales. Partiendo de ellas se pueden formar las siguientes redes por orden creciente de complejidad:

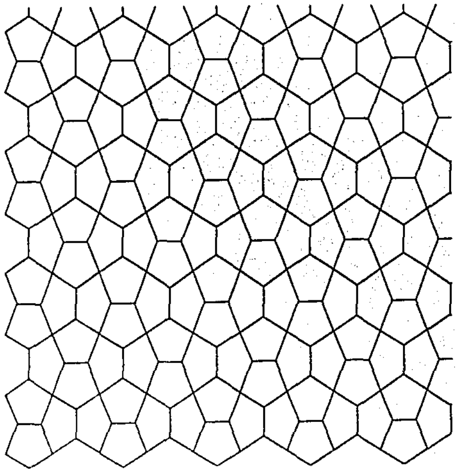
1. Red de cuadrados y triángulos escuadra
2. Red de cuadrados, triángulos pitagóricos y semipitagóricos
3. Red de triángulos equiláteros y triángulos cartabón
4. Red de pentágonos heterogéneos
5. Red de cuadrados con triángulos equiláteros
6. Red de octágonos heterogéneos con cuadrados
7. Red de octágonos homogéneos con cuadrados
8. Red de octágonos heterogéneos, con hexágonos heterogéneos y con cuadrados
9. Red de hexágonos homogéneos y rombos
10. Red de hexágonos homogéneos con triángulos estrella
11. Red de hexágonos homogéneos con triángulos perimetrales
12. Red de hexágonos homogéneos con pentágonos heterogéneos
13. Red de hexágonos homogéneos con hexágonos heterogéneos

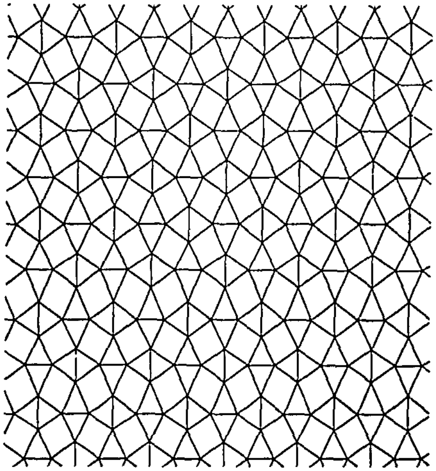
14. Red de hexágonos, con cuadrados y con triángulos equiláteros (una capa)
15. Red de dodecágonos homogéneos, con hexágonos homogéneos y con cuadrados
16. Red de hexágonos homogéneos, con cuadrados y con triángulos equiláteros (dos capas)
17. Red de dodecágonos homogéneos con triángulos equiláteros
18. Red de hexágonos homogéneos, con cuadrados y con triángulos equiláteros (tres capas)
19. Red de dodecágonos homogéneos, con cuadrados y con triángulos equiláteros
20. Red de rectángulos áureos 1
21. Red de rectángulos áureos 2


Red de cuadrados y triángulos escuadra

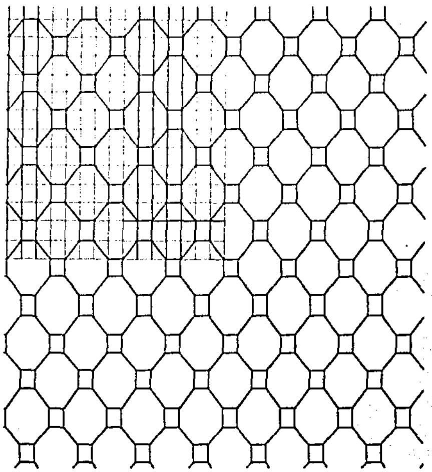

Red de cuadrados, triángulos pitagóricos y semipitagóricos


Red de triángulos equiláteros y triángulos cartabón

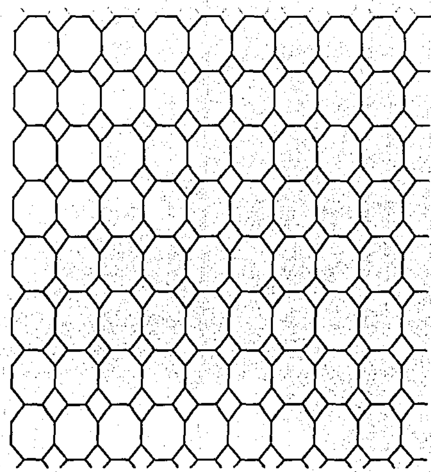

Red de pentágonos heterogéneos



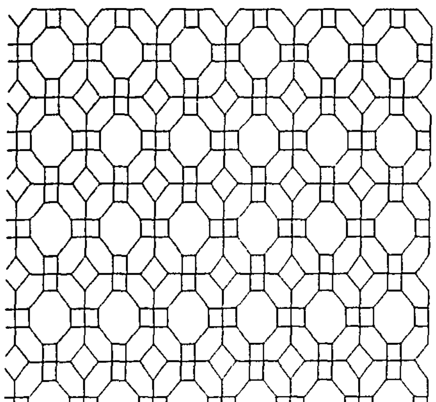
Red de cuadrados con triángulos equiláteros



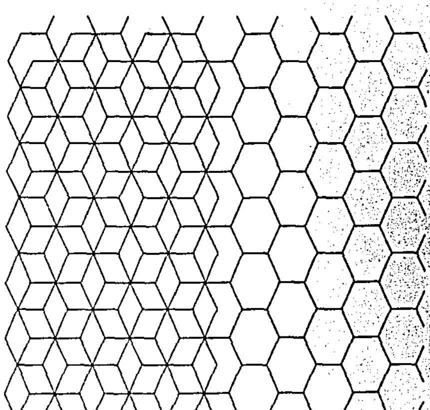
Red de octágonos heterogéneos con cuadrados



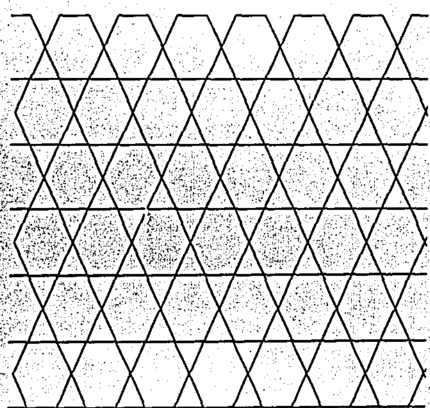
Red de octágonos homogéneos con cuadrados



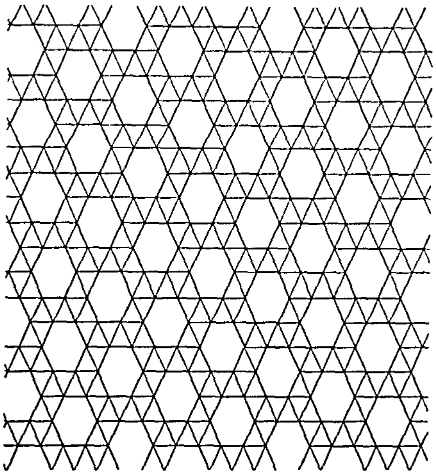
Red de octágonos heterogéneos, con hexágonos heterogéneos y con cuadrados



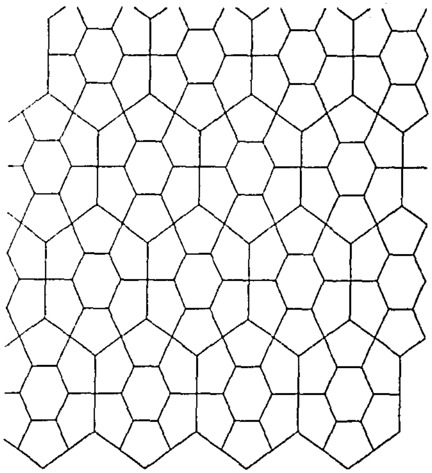
Red de hexágonos homogéneos y rombos



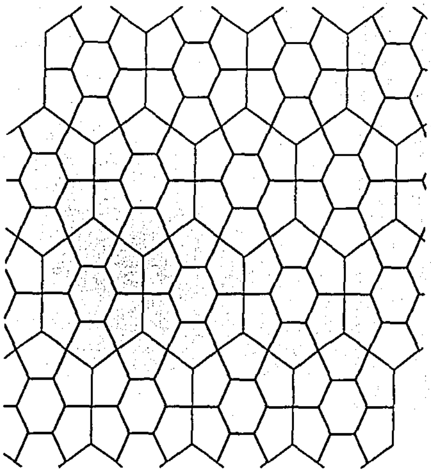
Red de hexágonos homogéneos con triángulos estrella



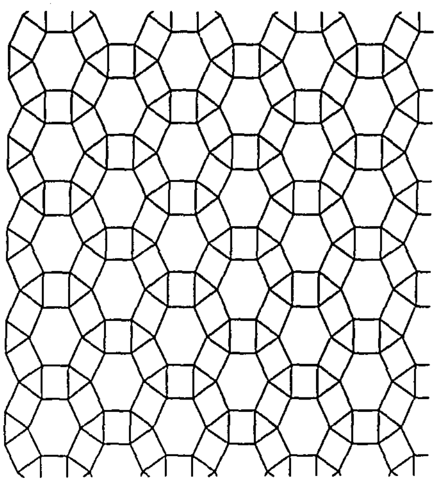
Red de hexágonos homogéneos con triángulos perimetrales



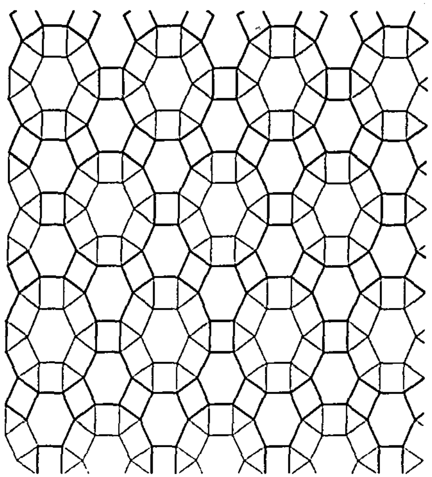
Red de hexágonos homogéneos con pentágonos heterogéneos



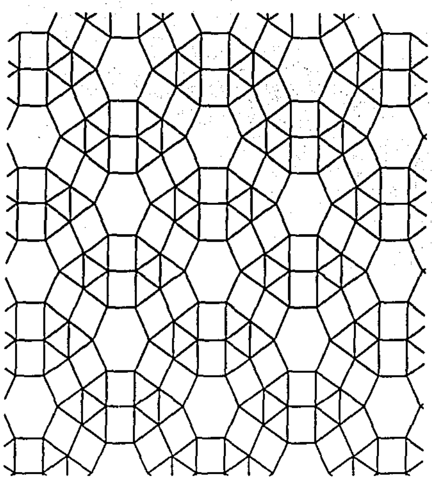
Red de hexágonos homogéneos con hexágonos heterogéneos



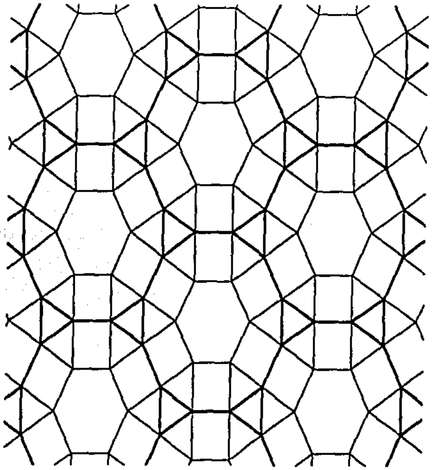
Red de hexágonos, con cuadrados y con triángulos equiláteros (una capa)



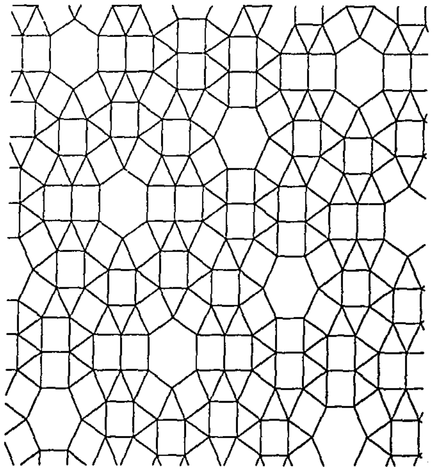
Red de dodecágonos homogéneos, con hexágonos homogéneos y con cuadrados



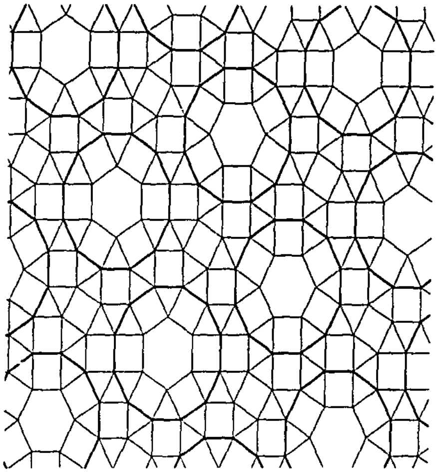
Red de hexágonos homogéneos, con cuadrados y con triángulos equiláteros (dos capas)



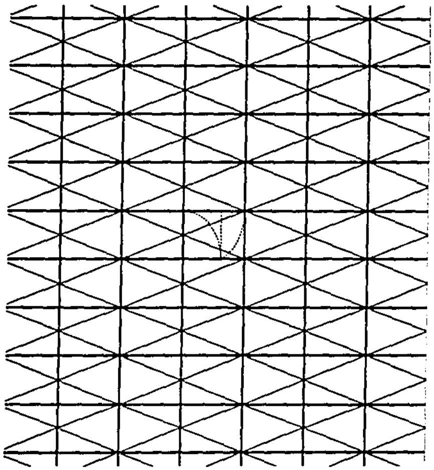
Red de dodecágonos homogéneos con triángulos equiláteros



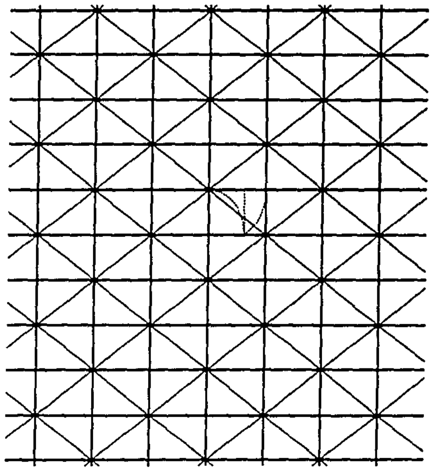
Red de hexágonos homogéneos, con cuadrados
y con triángulos equiláteros (tres capas)



Red de dodecágonos homogéneos, con cuadrados y con triángulos equiláteros



Red de rectángulos áureos 1

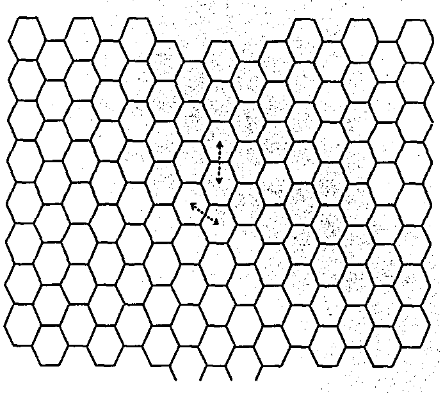


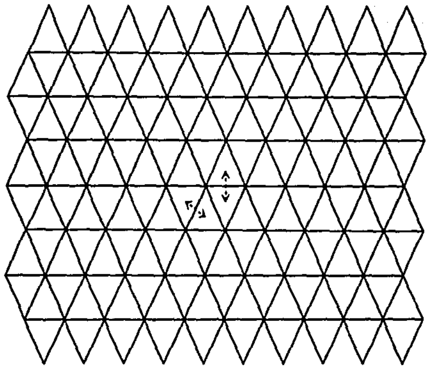
Red de rectángulos áureos 2

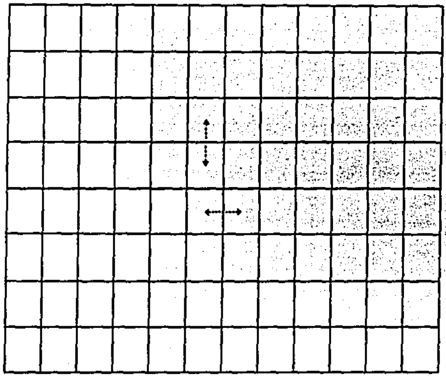
Las redes están integradas por varias muestras que son el **patrón de formación**, ya que marcan la relación existente entre todos los módulos componentes y además, las hacen congruentes e isométricas.

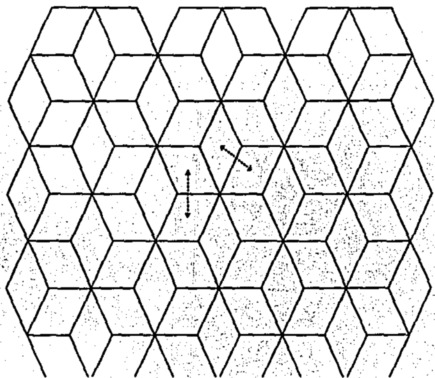
Las redes, como isometrías que son, también existen de tres tipos, los cuales dependen de las variaciones que se presentan en ellas.

Redes bidimensionales de primer grado. Son aquellas en las que no existe alguna variación en los módulos ni en el orden o disposición con que se presentan. En este tipo de redes se tiene el mismo módulo repetido infinidad de veces, y la disposición o frecuencia entre los módulos se mantiene constante en cualesquiera direcciones, por lo que las muestras son iguales, equidistantes y por lo tanto, completamente homogéneas, tanto en su forma, como en su disposición.

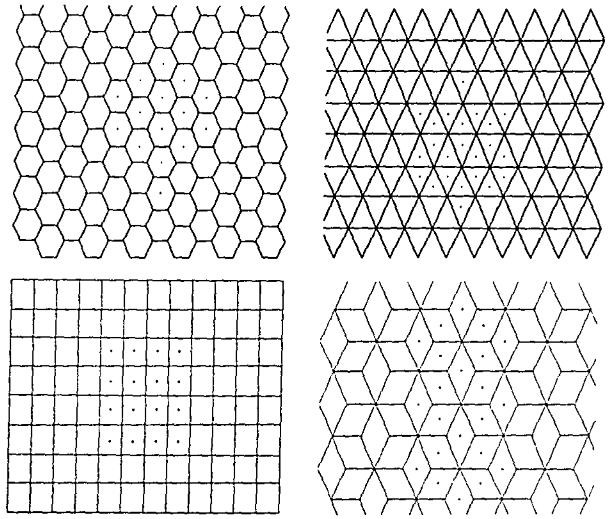

Red de hexágonos


Red de triángulos equiláteros


Red de cuadrados


Red de rombos

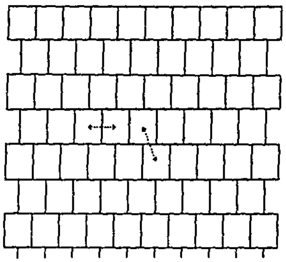
Redes bidimensionales de primer grado



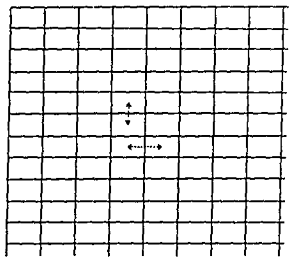
Cabe mencionar que este tipo de redes tienen infinidad de puntos centrales y se desarrollan equidistantes a partir de un módulo original, es decir, el módulo original de simetría central sirve de base para el desarrollo de la red en el momento en que se repite hacia los lados, equidistante, uniforme e infinitamente; de tal manera que los centros de las formas son equidistantes entre sí y forman líneas paralelas.

Redes bidimensionales de segundo grado. En estas redes se presenta sólo una variación, la cual puede ser de dos tipos: de módulo, o bien, de congruencia, pero solamente puede existir una de ellas a la vez.

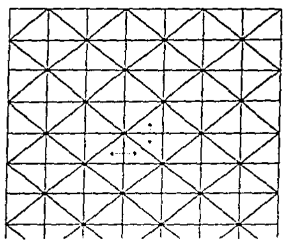
Variación de congruencia. Si se tiene una red bidimensional de segundo grado donde la variante es la congruencia, los módulos son iguales entre sí, lo que varía es la disposición u orden con que se presenta un módulo de otro en cualesquiera direcciones, es decir, los módulos son iguales y la disposición en alguna de sus direcciones es diferente aunque constante. De tal manera que se está hablando de módulos homogéneos y disposición heterogénea.



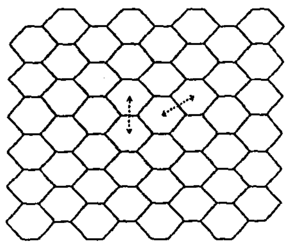
Red de cuadrados



Red de rectángulos



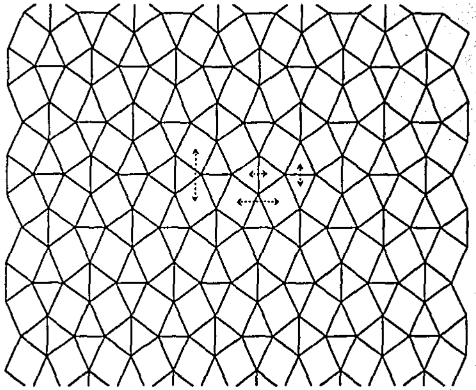
Red de triángulos áureos



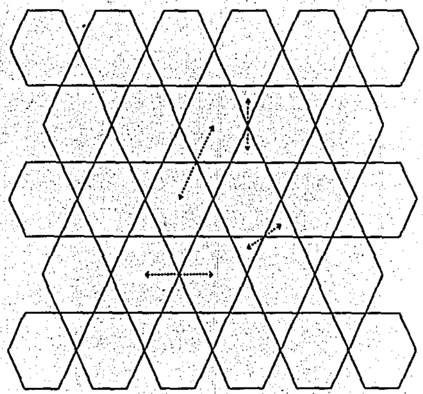
Red de hexágonos heterogéneos

Redes bidimensionales de segundo grado con variación de congruencia

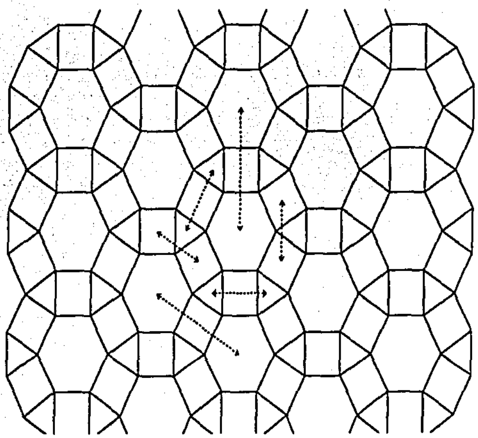
Variación de módulo. Si se tiene una red bidimensional de segundo grado donde lo que varía es el módulo, participan dos o más módulos diferentes pero afines entre sí, y la congruencia entre éstos se mantiene constante, es decir, los módulos son diferentes entre sí pero equidistantes. De tal manera que los módulos que integran la muestra son heterogéneos, y la muestra y la disposición son homogéneas.



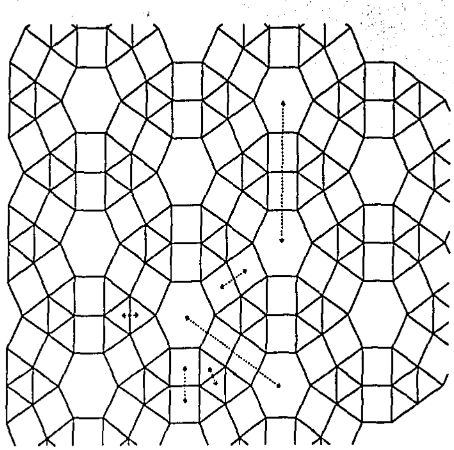
Red de cuadrados y triángulos equiláteros



Red de hexágonos y triángulos estrella

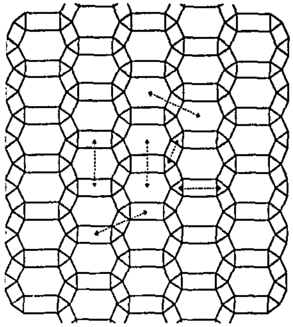


Red de hexágonos homogéneos, cuadrados y triángulos equiláteros

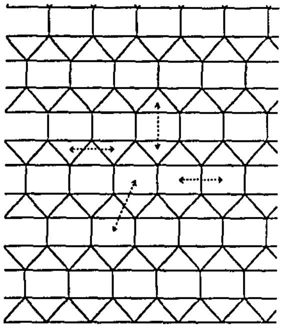


Red de hexágonos homogéneos, cuadrados y triángulos equiláteros (dos capas)

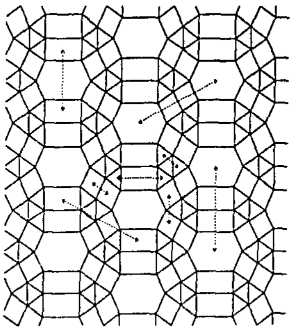
Redes bidimensionales de segundo grado con variación de módulo



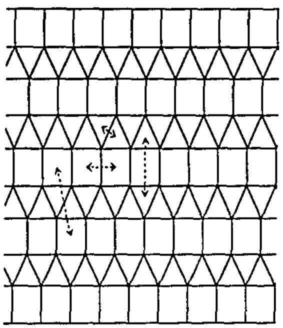
Red de hexágonos heterogéneos, cuadrados, rectángulos y triángulos equiláteros



Red de rectángulos y triángulos



Red de hexágonos heterogéneos, cuadrados, rectángulos y triángulos equiláteros



Red de cuadrados y triángulos equiláteros

Redes bidimensionales de tercer grado

Redes bidimensionales de tercer grado. Son aquellas que están integradas por módulos diferentes entre sí pero afines y la disposición con que se presentan en cualesquiera direcciones no es igual, aunque sí constante, es decir, tienen paralelamente las dos variantes, la de módulo y la de congruencia. De tal manera que los módulos que integran la muestra son heterogéneos y la disposición también es heterogénea.

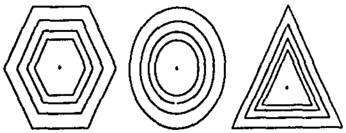
Resumiendo, las redes bidimensionales están constituidas por módulos; si son de primer grado están integradas por módulos iguales, por muestras iguales y por consiguiente, el orden entre ellas no varía. Si se trata de redes de segundo grado con variación de módulo, éstas están integradas por muestras iguales, cada una de ellas integrada a su vez por módulos diferentes y la disposición con que se presentan no varía. Si se trata de redes bidimensionales de segundo grado con variación de congruencia, están integradas por módulos iguales, en donde lo que varía es la disposición con que se presentan en alguna dirección. Si se trata de redes bidimensionales de tercer grado, éstas están integradas por muestras iguales, cada una de ellas formadas a su vez por módulos diferentes, y la disposición con que se presentan en cualesquiera direcciones tiene una variación constante.

Redes tridimensionales

Rafael Leoz, en su libro *Redes y ritmos espaciales*,[12] afirma que existen dos grandes clases de redes tridimensionales o espaciales, es decir, dos maneras de dividir el espacio tridimensional; éstas son redes concéntricas y redes de centros múltiples.

Redes concéntricas. Leoz dice que son aquellas redes que tienen sólo un punto central y se desarrollan siempre a partir de este punto singular de origen, el cual sirve de centro para todo el desarrollo de la red; de tal manera, que el cuerpo original de simetría central sirve como base para el desarrollo de la red en el momento que crece a partir del punto de origen y vuelve a crecer sucesivamente, llegando a formar la red tridimensional.

En esta investigación se está en desacuerdo con el autor en cuanto a que se trate de redes, ya que si un cuerpo crece alrededor de otro, partiendo del centro, no se está hablando de una red, sino de una clase de simetría, la homeometría, o bien, de una operación de simetría, la extensión; como se puede observar, esta supuesta red no está bajo las condiciones de la isometría, la cual debe estar integrada por formas iguales o diferentes pero afines, y de tamaño y disposición igual o constante.

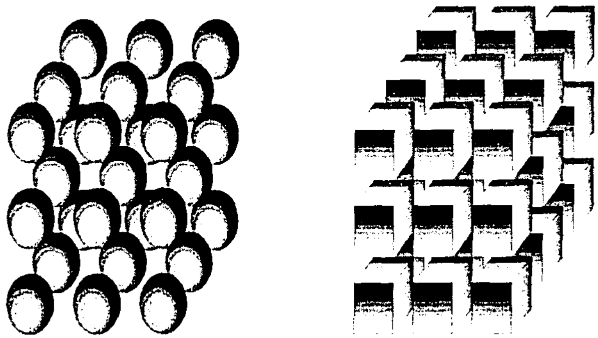


Redes de centros múltiples o indeterminados. Son aquellas redes que tienen infinidad de puntos centrales y se desarrollan equidistantes a partir de un cuerpo original, es decir, el cuerpo original de simetría central sirve como base para el desarrollo de la red en el momento en que se repite hacia los lados, equidistante, uniforme e infinitamente; de tal manera que los centros de las formas son equidistantes entre sí y forman planos paralelos.

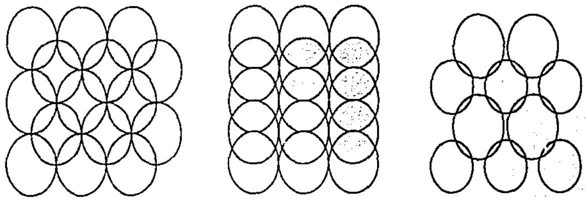
Leoz plantea la existencia de tres modalidades en el desarrollo de redes de centros múltiples o indeterminados:[13]

1. Donde los cuerpos no se tocan entre sí, de tal manera que están dispuestos uno junto al otro, pero sin tocar sus caras, vértices ni aristas. En este manual no se está de acuerdo con Rafael Leoz, ya que anteriormente se mencionó que una de las condiciones esenciales para que una red se dé como tal, es precisamente que los cuerpos se toquen, es decir, que se presenten sin intersticio; por lo tanto, él sólo habla de una isometría de cuerpos, o de una retícula de cuerpos y no de una red.

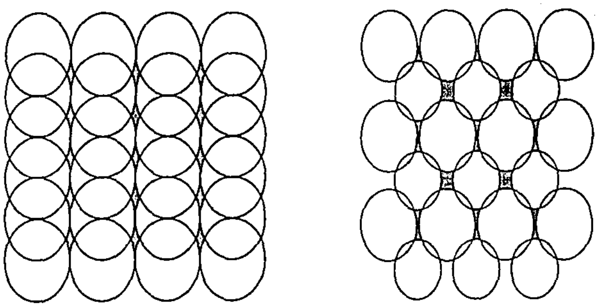
2. Donde los cuerpos son secantes entre sí, de tal forma que al unirse unos con otros se interpenetran, y una parte de ellos es parte también de dos o varios cuerpos al mismo tiempo. Pudiendo en un momento dado generar más formas o módulos con los espacios que quedan vacíos entre uno y otro cuerpo, o bien, en el momento de la intersección misma.



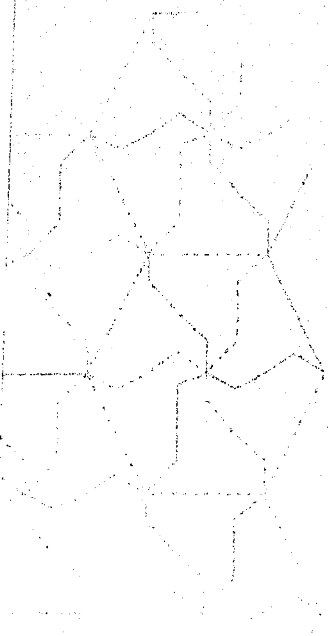
Isometría de cuerpos



Creación de nuevas formas con las intersecciones



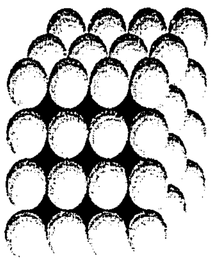
Creación de nuevas formas con los espacios vacíos

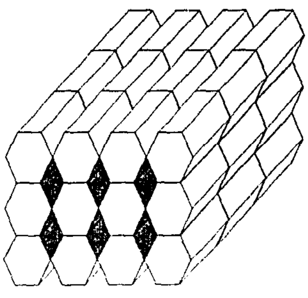


3. Donde los cuerpos están unidos entre sí sin intersticio, de tal modo que son tangentes y se tocan de varias maneras, ya sea por sus caras, vértices o aristas; y pueden dejar, o no, algunos espacios vacíos entre ellos al momento de la tangencia.

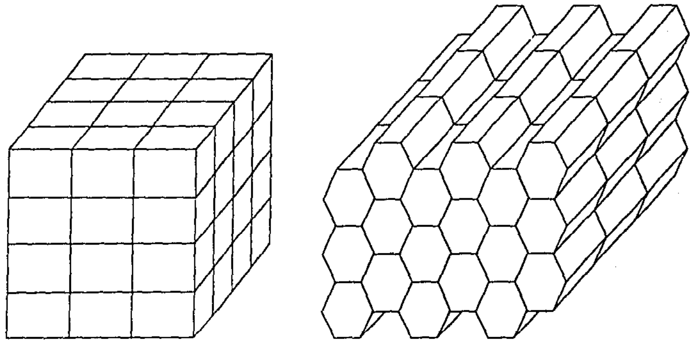
La palabra poliedro proviene del griego *polyedros* compuesto de *polys*, mucho, y *edra*, cara. Y significa *todo cuerpo geométrico limitado por polígonos planos. Los vértices, lados y ángulos planos de estos polígonos son vértices, aristas y ángulos planos del poliedro.*[14] *Es un sólido limitado por todas partes por porciones de plano llamadas caras o polígonos.*[15] Polígono está formado por el prefijo *poly*, mucho, y por *-gono* forma sufija proveniente del griego *gonía* que significa ángulo.[16] Es una *línea cerrada que tiene varios ángulos.*[17] De tal manera que el **poliedro** es un cuerpo constituido por varias caras poligonales, y el **polígono** es una superficie integrada por varios lados que forman ángulos.

Si se observan estos últimos ejemplos, se ve que si se corta en planos una red de esferas o poliedros iguales o similares por donde pasan sus centros, se tiene una red isométrica plana, de donde se puede tomar uno de sus múltiples puntos, cualesquiera de ellos, como centro de simetría radial o punto de origen, en torno al cual están dispuestos todos los demás.[18]





Cuerpos tangentes dejando espacios vacíos



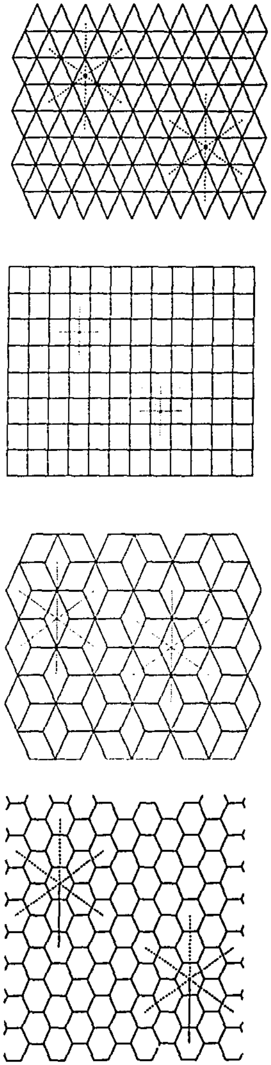
Cuerpos tangentes sin dejar espacios vacíos

Entre las redes donde los poliedros se tocan entre sí, se puede observar que si todos son exactamente iguales y se tocan uno con otro sin dejar huecos vacíos, sus vértices, aristas y caras están siempre en contacto con los vértices, aristas y caras de los poliedros de alrededor; de tal manera que sólo algunos poliedros de simetría central permiten llevar a cabo este tipo de red, la Fundación Rafael Leoz, en su libro *Redes y ritmos espaciales* dice que sólo son cuatro:

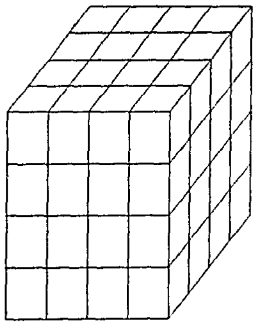
1. *El cubo o hexaedro regular*
2. *El prisma recto de base hexagonal regular*
3. *El rombododecaedro*
4. *El heptaparaleloedro o poliedro de lord Kelvin*[19]

Sin embargo, en este estudio se considera que existen otras redes que cumplen con estos requisitos:

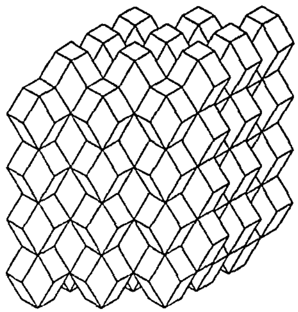
5. El prisma recto de base triangular
6. El prisma recto de base pentagonal heterogénea
7. El romboedro
8. Los paralelepípedos, entre otros



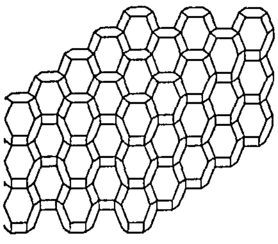
Redes isométricas planas, de centros múltiples o indeterminados



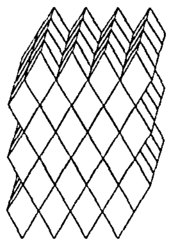
Red de cubos o hexaedros regulares



Red de rombododecaedros

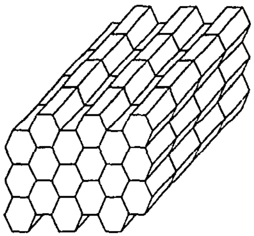


Red de heptaparaleloedros o poliedros de lord Kelvin

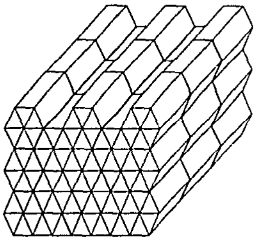


Red de romboedros

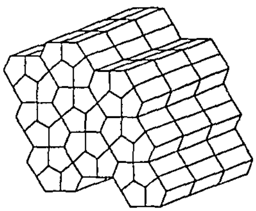
Redes tridimensionales de primer grado



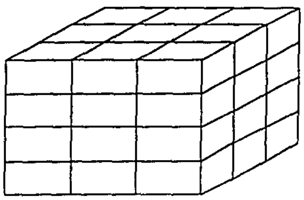
Red de prismas rectos de base hexagonal regular

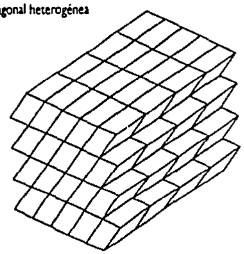


Red de prismas rectos de base triangular



Red de prismas rectos de base pentagonal heterogénea





Redes de paralelepípedos

Redes tridimensionales de segundo grado con variación de congruencia

A continuación se da el significado literal del nombre de estas formas para ampliar la información acerca de ellas:

La palabra hexaedro proviene del griego *hexa*, seis, y *edra*, base o cara.[20] *Es un sólido con seis caras planas.*[21] El término cubo proviene del latín *cubus* y significa *sólido regular limitado por seis cuadrados iguales y que, por tanto, tienen también iguales sus tres dimensiones.*[22] *Paralelepípedo rectángulo cuyas aristas son iguales.*[23] De tal manera que el **hexaedro** homogéneo o **cubo** es un poliedro de seis caras cuadradas.[24] **Paralelepípedo** proviene del latín *parallele* y *pipedus*, y significa *sólido terminado por seis paralelogramos, siendo iguales y paralelos cada dos opuestos entre sí.*[25] *Poliedro de seis caras, todas paralelogramos, siendo las caras opuestas iguales y paralelas dos a dos. Paralelepípedo rectángulo, es el paralelepípedo recto cuya base es un rectángulo.*[26] La palabra **paralelogramo** proviene del latín *parallelogrammus* que significa *cuadrilátero cuyos lados opuestos son paralelos entre sí.*[27] **Prisma** proviene del latín *prisma* y es un *cuerpo terminado por dos caras planas paralelas e iguales que se llaman bases, y por tanto, paralelogramos cuantos lados tenga cada base.*[28] *Superficie engendrada por una recta de dirección fija que se desplaza apoyándose constantemente en el contorno de un polígono plano.*[29] *Si las caras laterales del poliedro son rectángulos perpendiculares a la base, el poliedro es un prisma recto; el prisma es triangular si su base es un triángulo, es cuadrangular si su base es un cuadrilátero, es pentagonal si su base es un pentágono, etc.*[30] El término rombododecaedro proviene del griego *rhómbos*, rombo, del prefijo *dódeka*, doce, y *édra*, cara.[31-32] Por lo tanto, el **rombododecaedro** es un sólido de doce caras rómbicas homogéneas, es decir, todas ellas iguales.[33] **Romboedro** también proviene del griego *rhómbos* y *édra*, y es el *paralelepípedo cuyas seis caras son rombos iguales.*[34] El **heptaparaleloedro** o **poliedro de lord Kelvin** es un sólido de catorce caras, de las cuales ocho son hexágonos homogéneos y seis son cuadrados;[35] este poliedro también es llamado **octaedro truncado** o **mecón.**[36]

Éstos son los poliedros que al integrar una red y ser exactamente iguales se tocan entre sí sin dejar espacios vacíos; sin embargo, existen otras redes tridimensionales integradas por diversos poliedros y prismas que aun cuando se tocan entre sí, dejan espacios vacíos. Dado el interés particular de este trabajo, no se mencionarán ya que es un tema extenso.

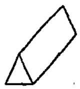
Recuérdese que los elementos componentes que constituyen cualquier sistema o simetría, en el caso de las redes, son:

A + A = B   B + B = C   C + C = D

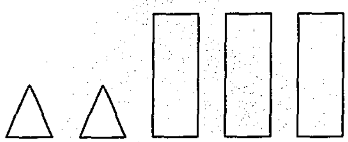
A = parte elemental
B = módulo
C = muestra
D = red, sistema o simetría

En las redes tridimensionales se tienen dos maneras de analizar estos elementos componentes, ya que un poliedro está integrado por varios polígonos o caras que pueden ser iguales o diferentes, y cada una de estas caras es un módulo; por lo tanto, la integración ordenada de dichos módulos origina una muestra, en este caso el poliedro; en este sentido, entre las caras o polígonos existe coherencia interformal, partiendo de que cada uno de ellos es una unidad. Por otra parte, se pueden tomar todas sus caras o polígonos como las partes elementales que integran un módulo, el poliedro; en este caso, entre sus caras existe coherencia intraformal, partiendo de que todas ellas están integrando un solo cuerpo o unidad, el poliedro.

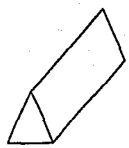
Polígonos = Partes elementales



Poliedro = Módulo

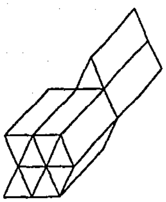


Módulos

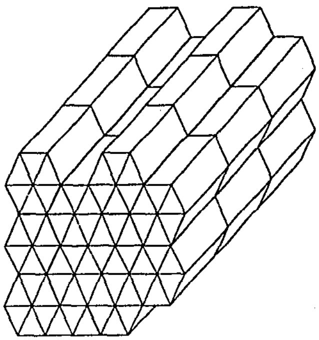


Muestra

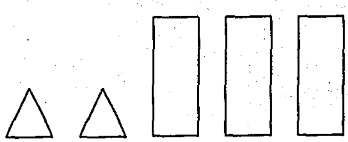
Coherencia interformal



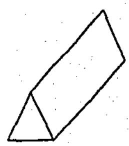
Muestra



Red, sistema o simetría



Partes elementales



Módulo

Coherencia intraformal

Esta última interpretación es más conveniente para el estudio y desarrollo de las redes tridimensionales, ya que es menos compleja; además, no se olvide que en este manual se están analizando las redes y sus características, no los cuerpos en sí, que se mencionan sólo por hablar de tridimensionalidad.

Las redes tridimensionales, al igual que las bidimensionales, son de carácter isométrico, de tal manera que también existen varios tipos, el estudio completo del sistema isométrico tridimensional tampoco se desarrollará dada la amplitud y complejidad del mismo.

2. Operaciones de transformación simétrica

En el capítulo I se habló de la singenometría —una de las clases de simetría— y se dijo que se presenta cuando los motivos de un sistema o simetría van sufriendo un proceso de transformación a partir de una forma original. Esta transformación se puede aplicar a cualquier sistema formal, en este caso se aplicará a las redes, dando lugar a las operaciones de transformación simétrica, que son cuatro:

1. Alargamiento
2. División
3. Suma
4. Cambio de perímetro

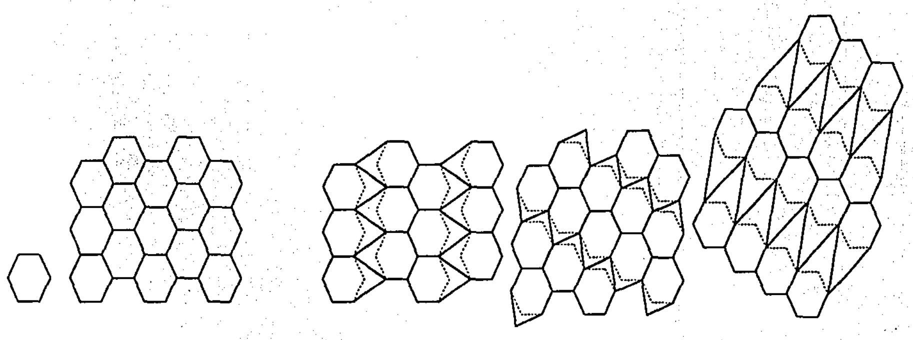
Las **operaciones de transformación simétrica** son por lo tanto la aplicación de un proceso de transformación que se ejerce sobre una red determinada, dando lugar a una red diferente pero afín. Estas operaciones pueden desarrollarse tanto con las redes bidimensionales, como con las tridimensionales, aquí se desarrollarán únicamente en las redes bidimensionales.

Cabe mencionar que las operaciones de transformación simétrica pueden generar las redes bidimensionales y tridimensionales de segundo y tercer grado.

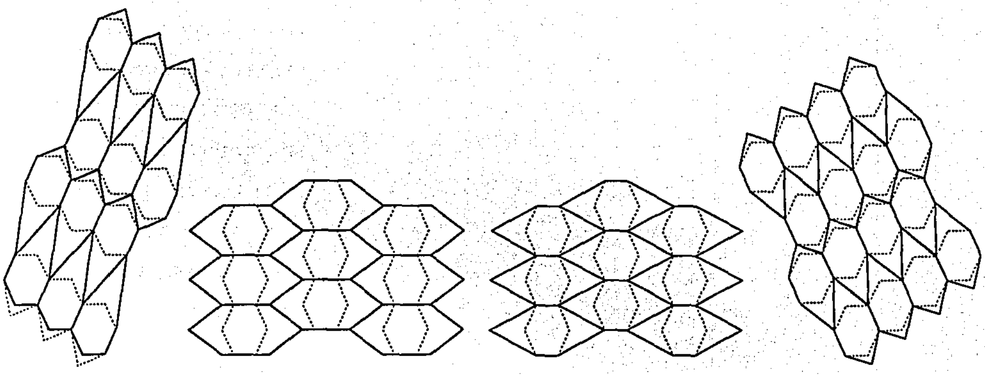
Alargamiento

Alargar significa *dar más longitud, llevar más allá los límites, estirar, desencoger, extender.*[37] El **alargamiento** consiste en la deformación arbitraria o convencional de un módulo a partir de vértices o lados, como si fuera jalado por alguno de ellos, este alargamiento produce un cambio de proporción en el módulo, sin embargo, éste sigue manteniendo el mismo número de lados. Si un módulo es alargado por un lado, los lados que están en contacto con éste se alargan, y al ser alargado por un vértice, también se alargan los lados que están en contacto con éste. Esta deformación puede ser de varias maneras:

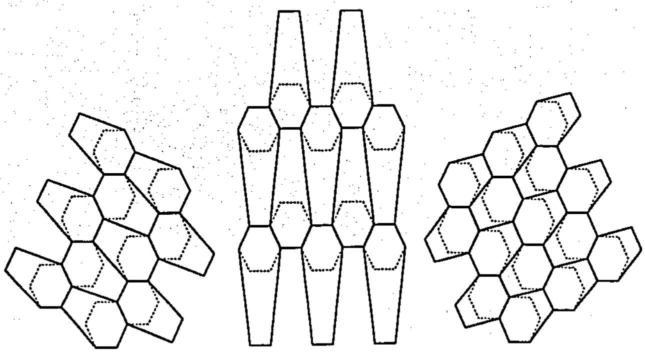
1. Alargamiento por un vértice
2. Alargamiento por vértices
3. Alargamiento por un lado
4. Alargamiento por lados
5. Alargamiento simultáneo por un lado y un vértice
6. Alargamiento simultáneo por lados y vértices



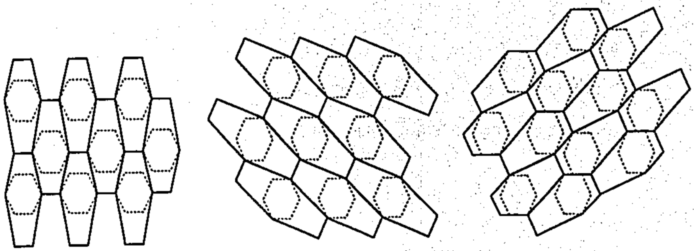
Módulo   Muestra original   Alargamiento por un vértice



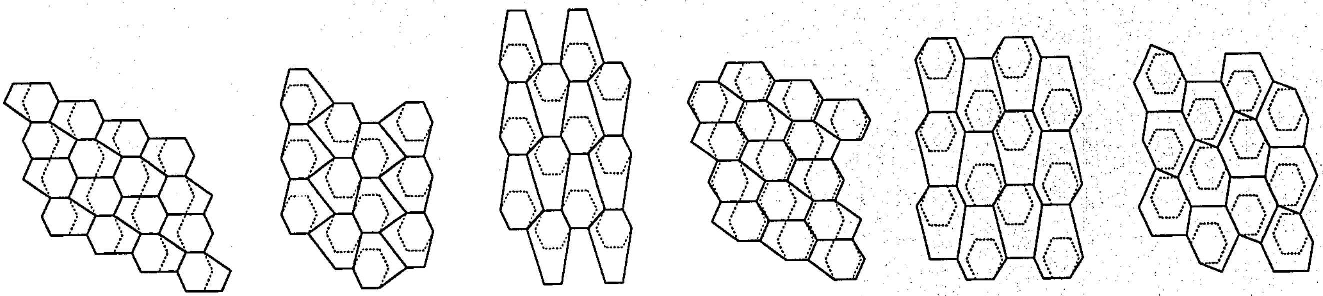
Alargamiento por vértices



Alargamiento por un lado



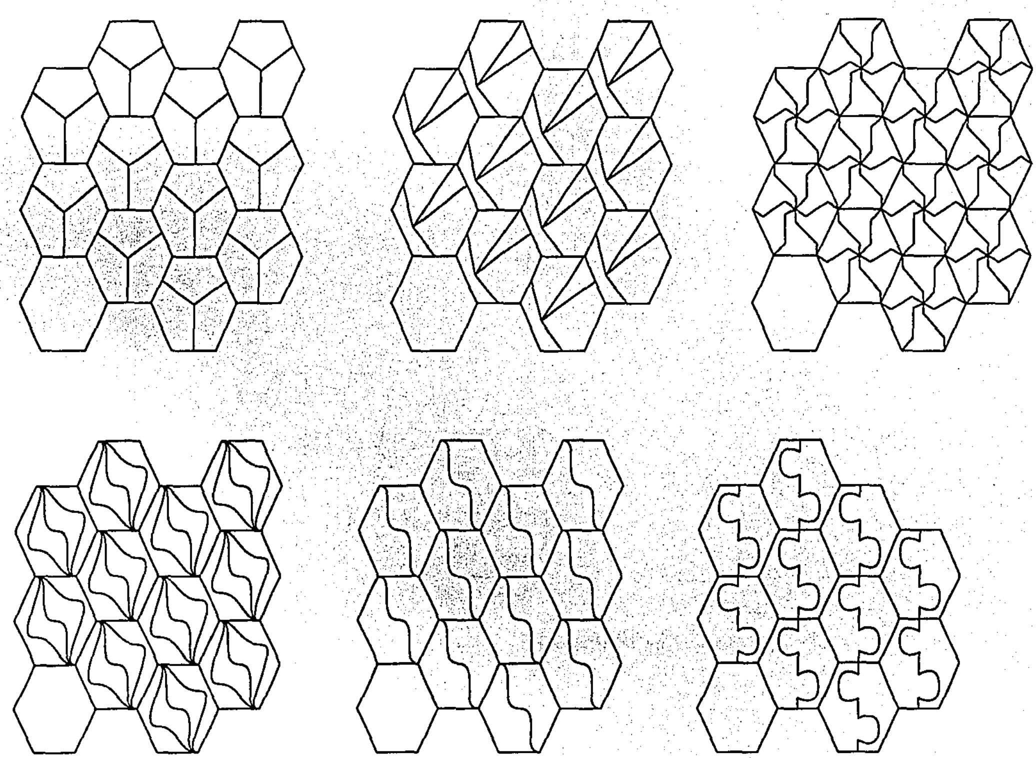
Alargamiento por lados



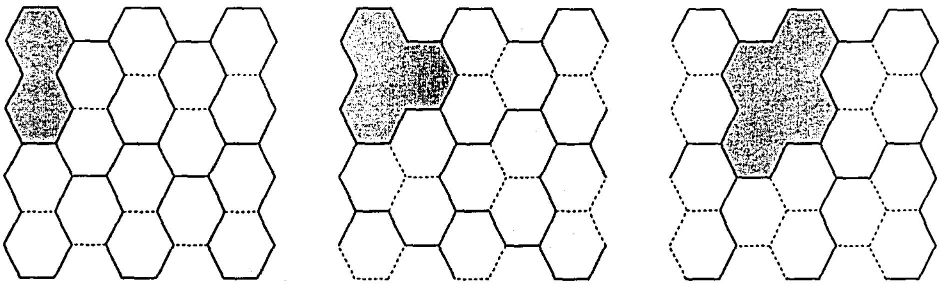
Alargamiento simultáneo por lados y vértices

División

Dividir proviene del latín *divisum*, supino de *divídere*[38] y significa *partir, separar en partes, distribuir, repartir*.[39] La **división** consiste en cortar en dos o más partes los módulos de una red, dando lugar a nuevos módulos o submódulos, que son más reducidos y diferentes a los que se tenían originalmente.



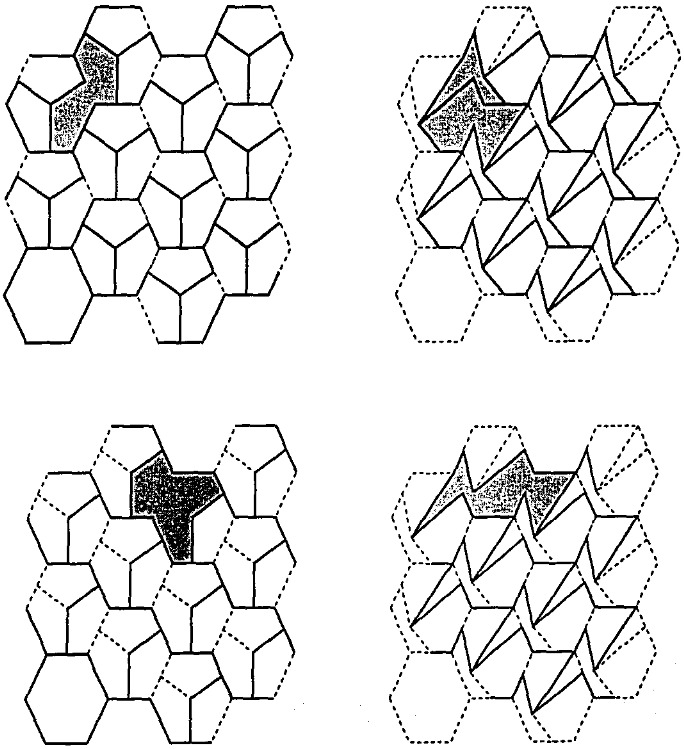
División de módulos o creación de submódulos



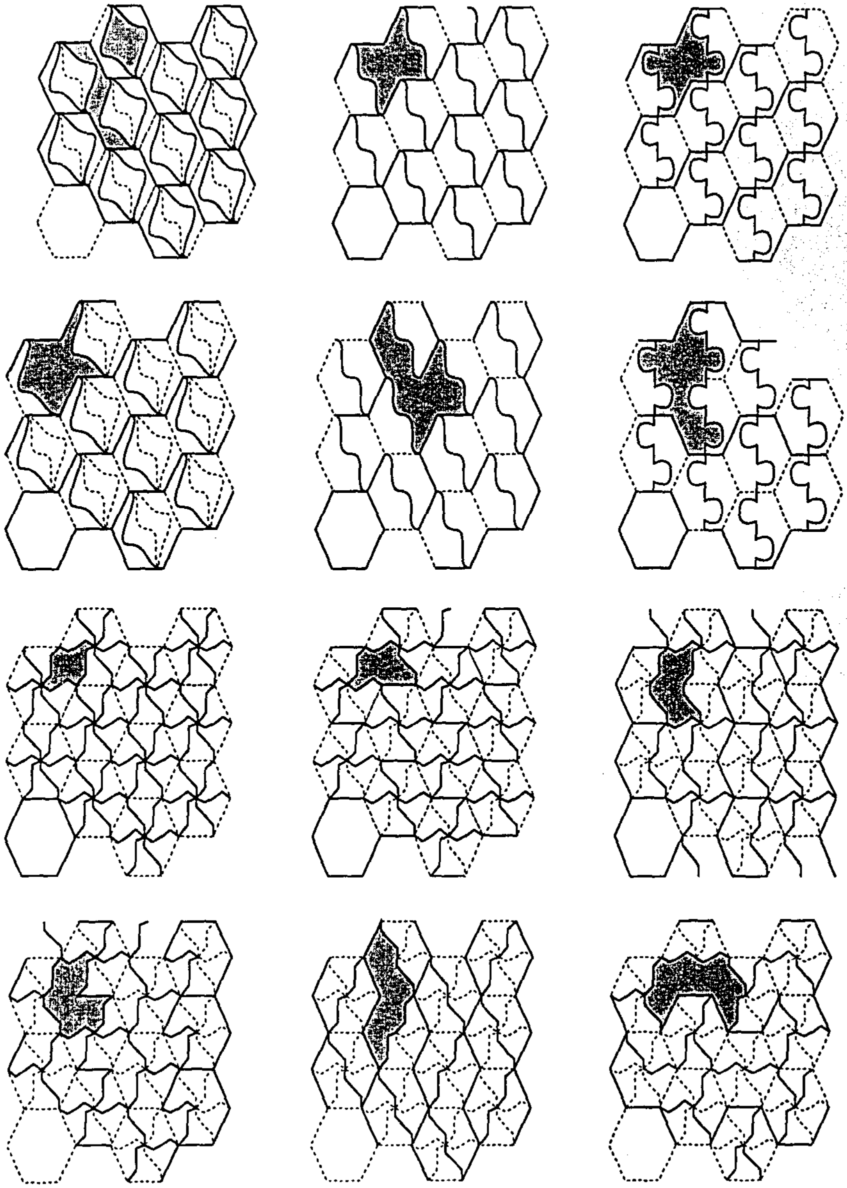
Suma de módulos o creación de supermódulos

Suma

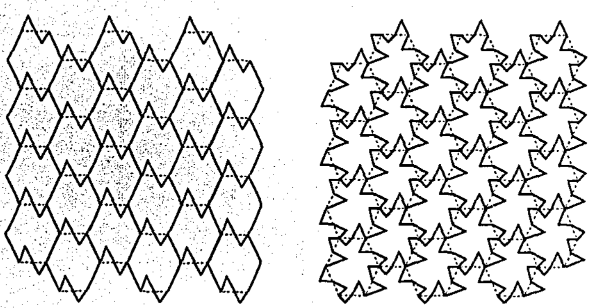
La palabra suma proviene del latín *summa* que significa *lo más alto, el total. Conjunto o reunión de varias cosas.*[40] *La operación que tiene por objeto reunir varios números de la misma especie en uno solo, es la adición o suma.*[41] La **suma** consiste en unir dos o más módulos o submódulos entre sí, dando lugar a un nuevo módulo que se considera como unidad o supermódulo. La suma es un buen complemento de la división, ya que si se dividen los módulos en un determinado número de partes o submódulos, y posteriormente se suman o unen con cierto orden, el resultado son nuevos módulos diferentes a los que se tenían originalmente, y también son considerados como una unidad.



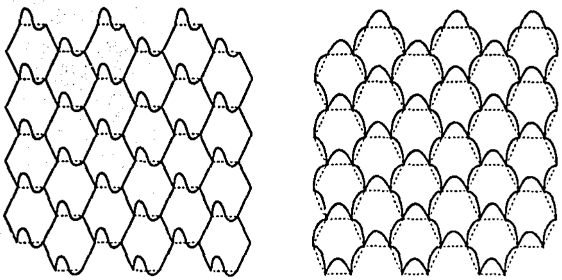
Suma de submódulos



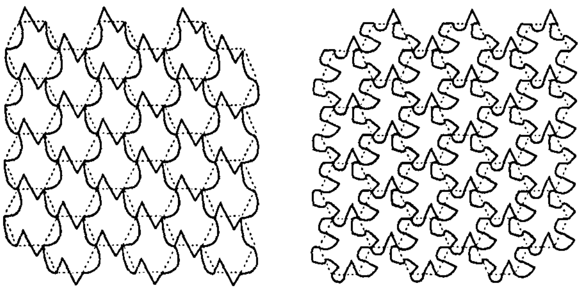
Suma de submódulos



Cambio de perímetro con líneas rectas



Cambio de perímetro con líneas curvas



Cambio de perímetro con líneas rectas y curvas

Cambio de perímetro

El **cambio de perímetro** consiste en alterar los perímetros de los módulos, ya sea con líneas rectas, curvas, o bien, con ambas, y siguiendo siempre el mismo orden; esto da lugar a nuevos módulos. Perímetro proviene del griego *peri*, alrededor, y *metron*, medida, y significa *contorno de una figura*,[42] *medida de un contorno*.[43]

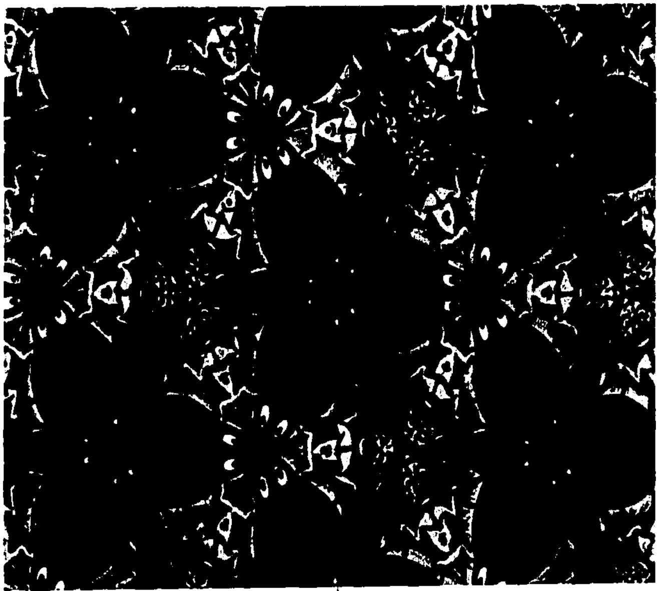
Cabe mencionar que el desarrollo de cualesquiera de las operaciones de transformación simétrica debe aplicarse a todos los módulos, es decir, al total de la red o simetría para mantener así su congruencia y carácter de isometría. Las operaciones pueden ser desarrolladas en orden indistinto, siempre y cuando su desarrollo sea uniforme, para así generar nuevas redes.

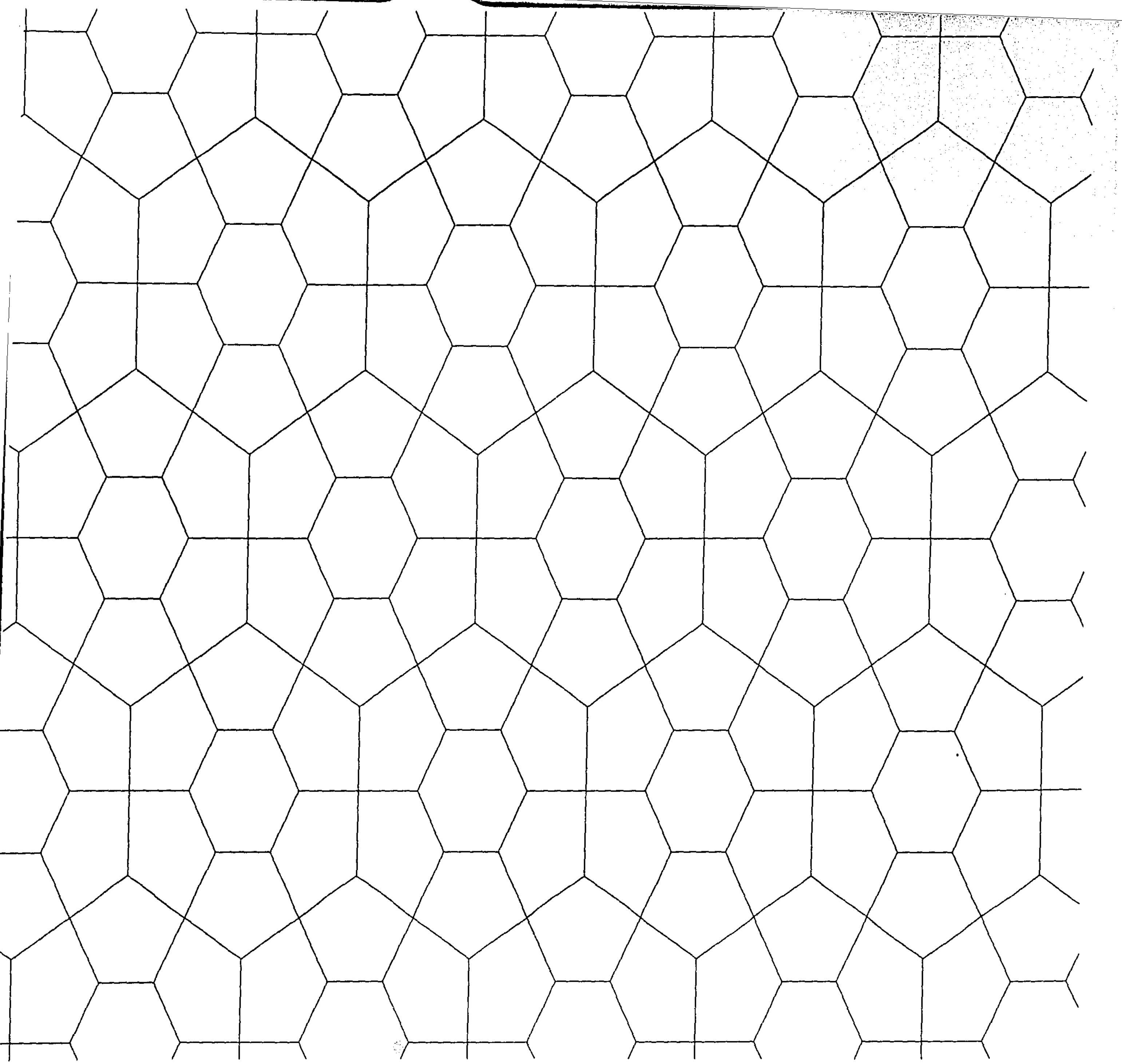
Lo interesante de las operaciones de transformación simétrica es que como cada una de ellas se efectúa en la misma red, complementándose, se obtienen como resultado formas diversas que constituyen una nueva red, la cual puede ser integrada por formas muy caprichosas, aunque modulares, que se repiten y complementan ya que visualmente en primer plano pueden verse algunas formas, y en segundo plano o de fondo pueden percibirse otras muy diferentes.

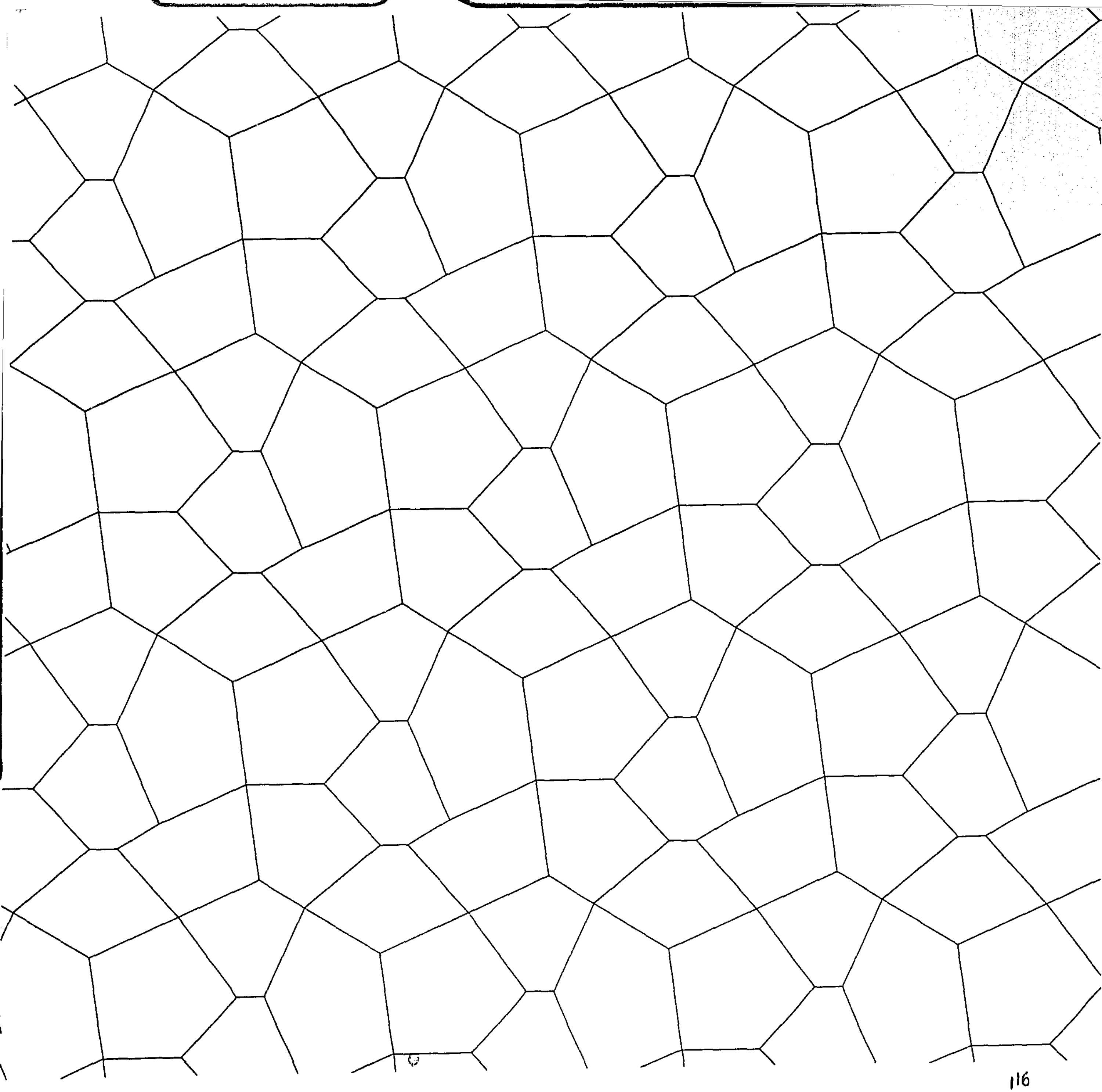
Las operaciones de transformación simétrica, una o varias de ellas, pueden dar lugar a algunos tipos de singenometría, siempre y cuando, cada uno de los pasos de transformación singenométrica sea considerado como una red diferente e independiente de los demás pasos de la transformación o pregnancia; de tal manera que se tengan varias redes diferentes.

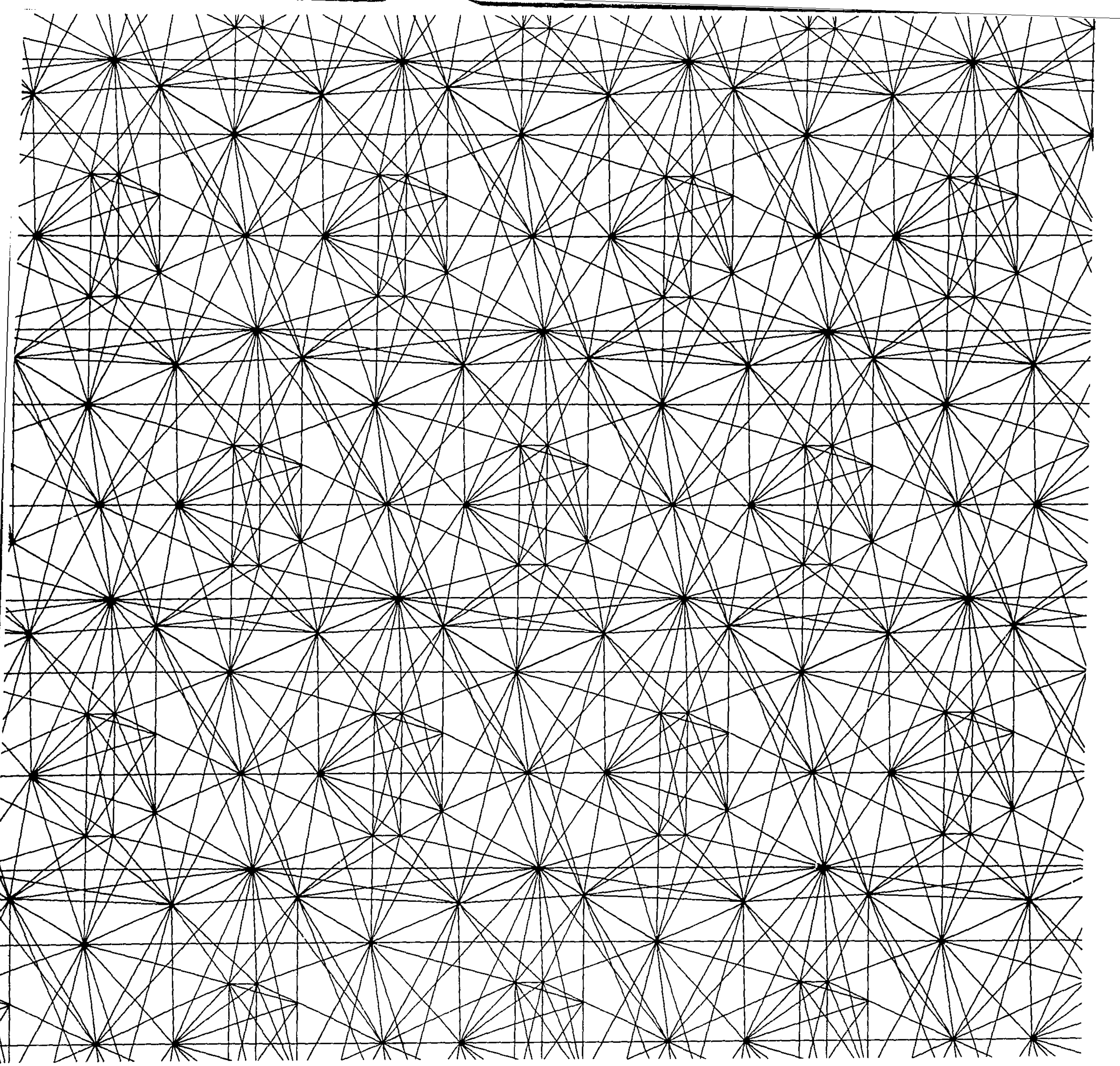
Lo interesante de todos estos ejemplos es la aplicación que puede dárseles en el Diseño, ya sea en estampados de telas, tapices, alfombras, tejidos, bordados y, en general, en cualquier gráfico. Muestra de ello es el maravilloso trabajo que se encuentra en la obra realizada por M. C. Escher, pintor holandés fascinado por la manera en que las imágenes podían combinarse entre sí, cubriendo toda la superficie sin sobreponerse unas con otras y sin dejar espacios vacíos entre ellas.

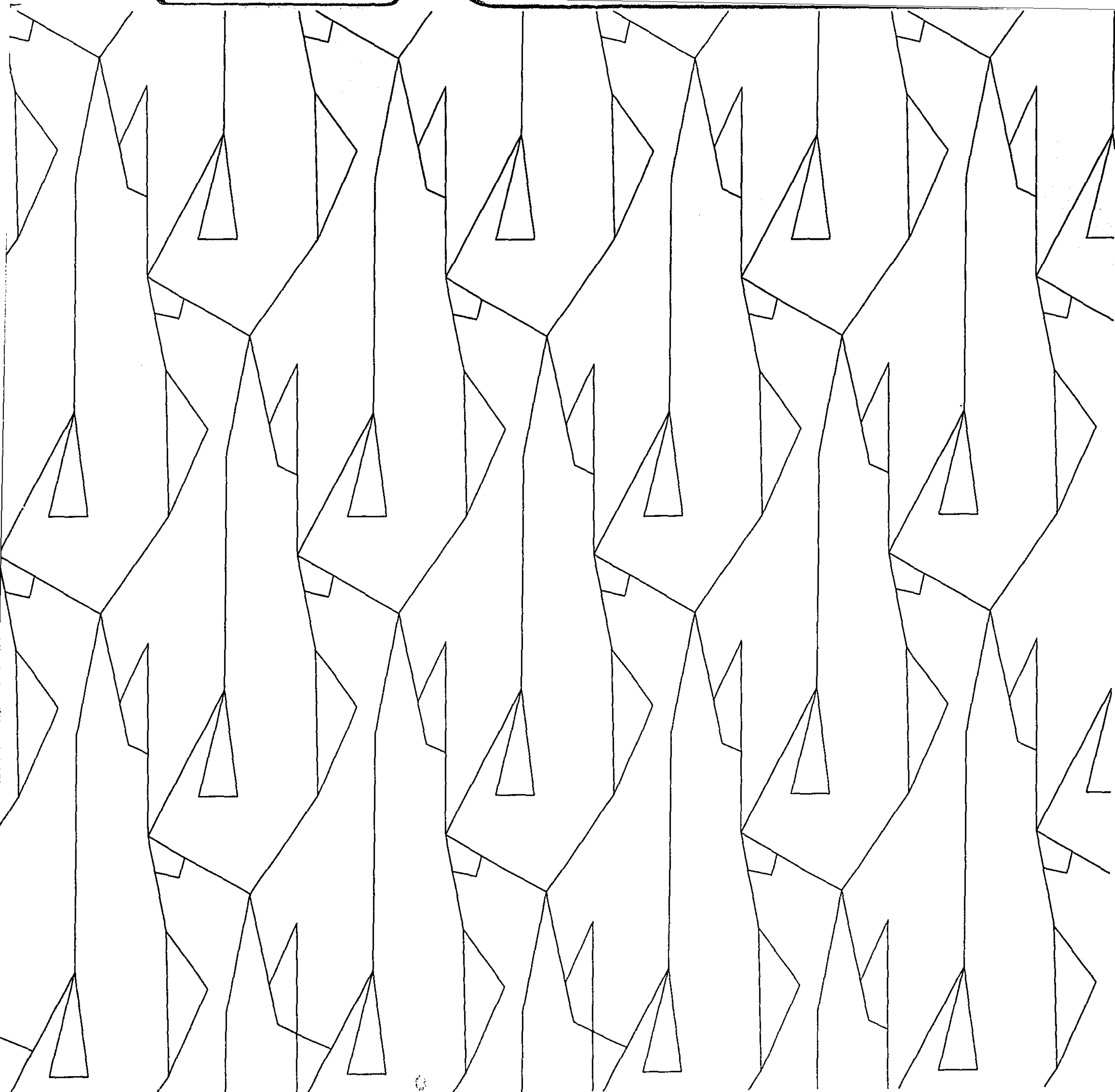
Dibujos de M. C. Escher[44-45]

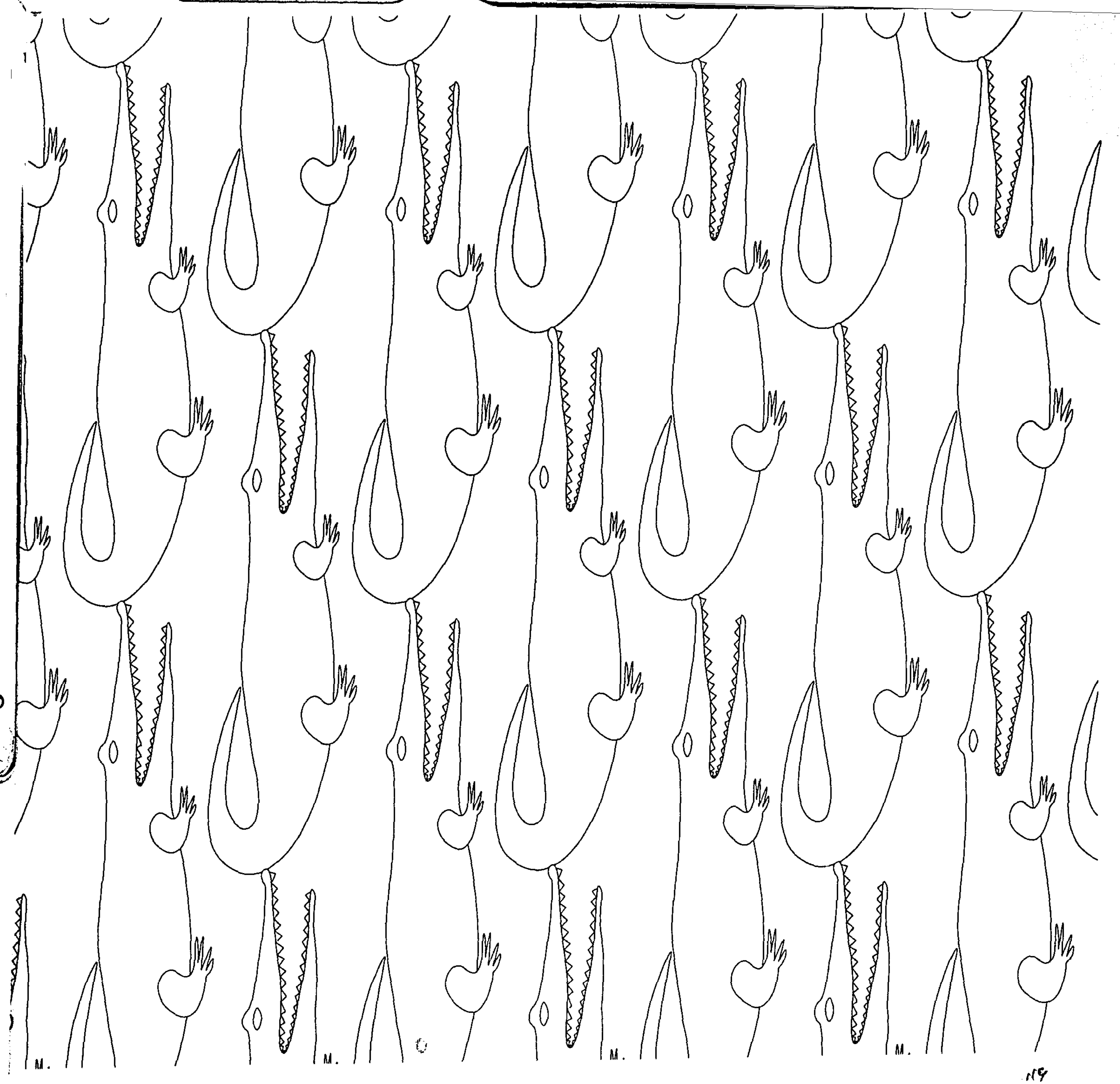


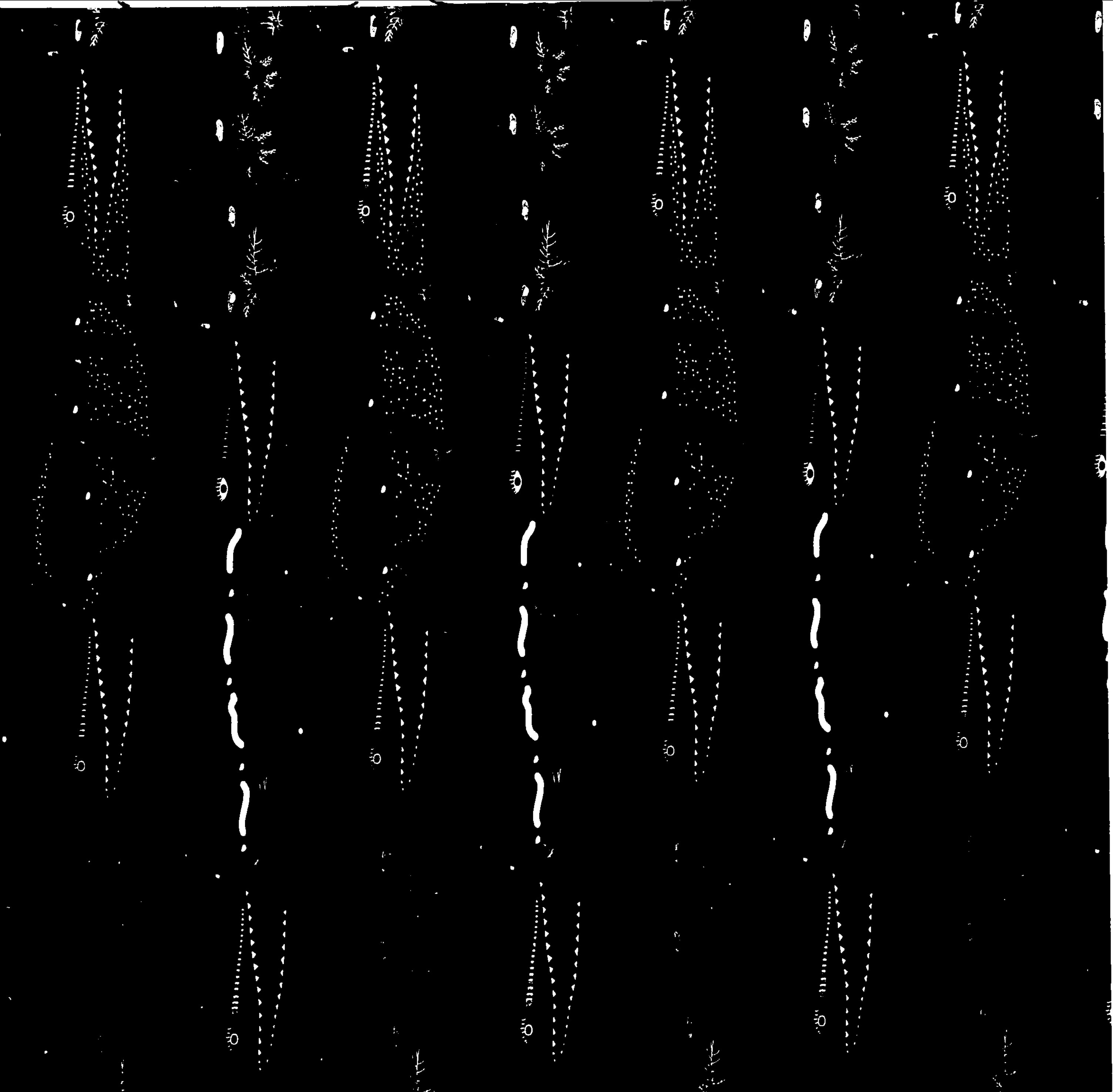


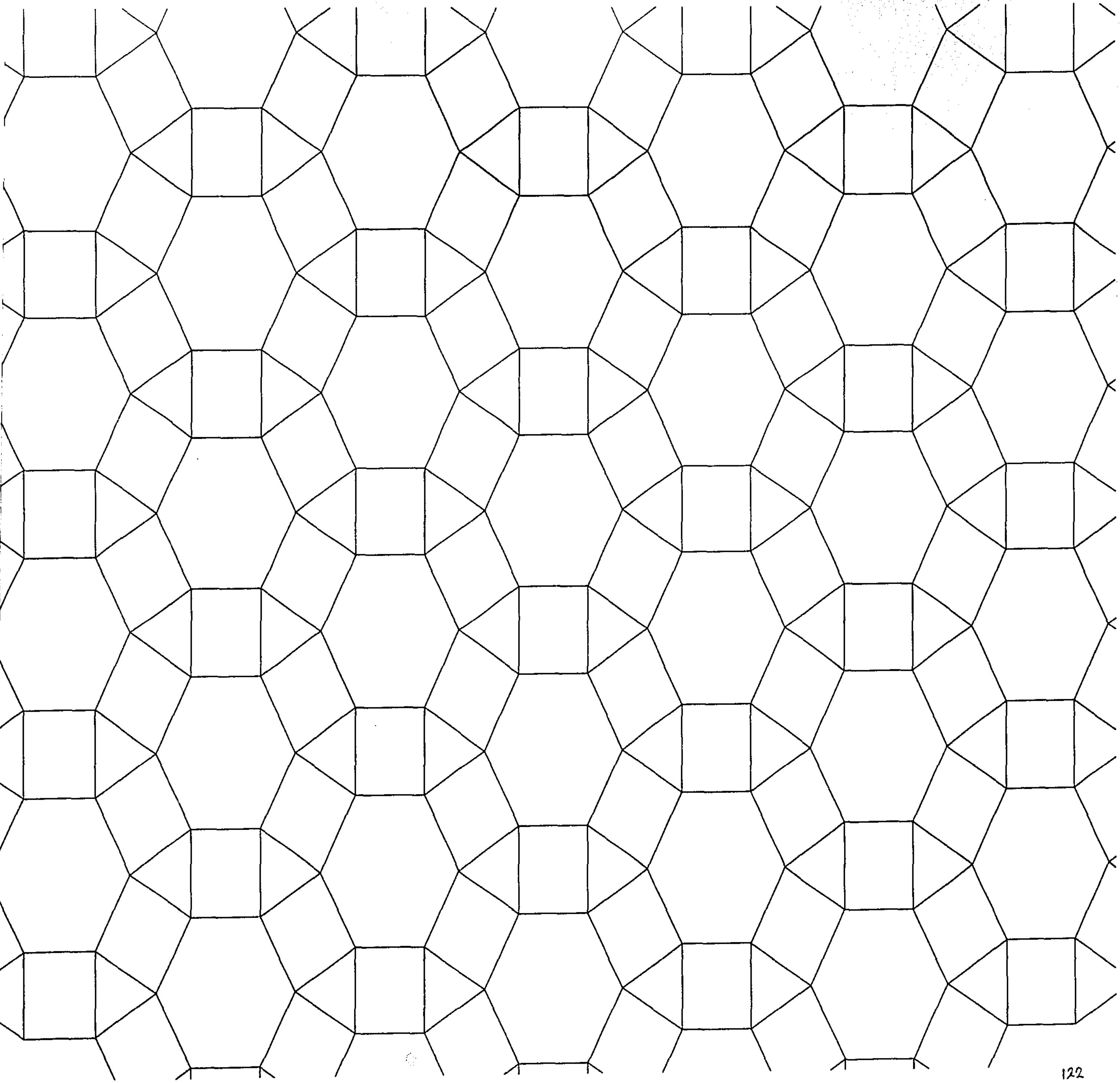


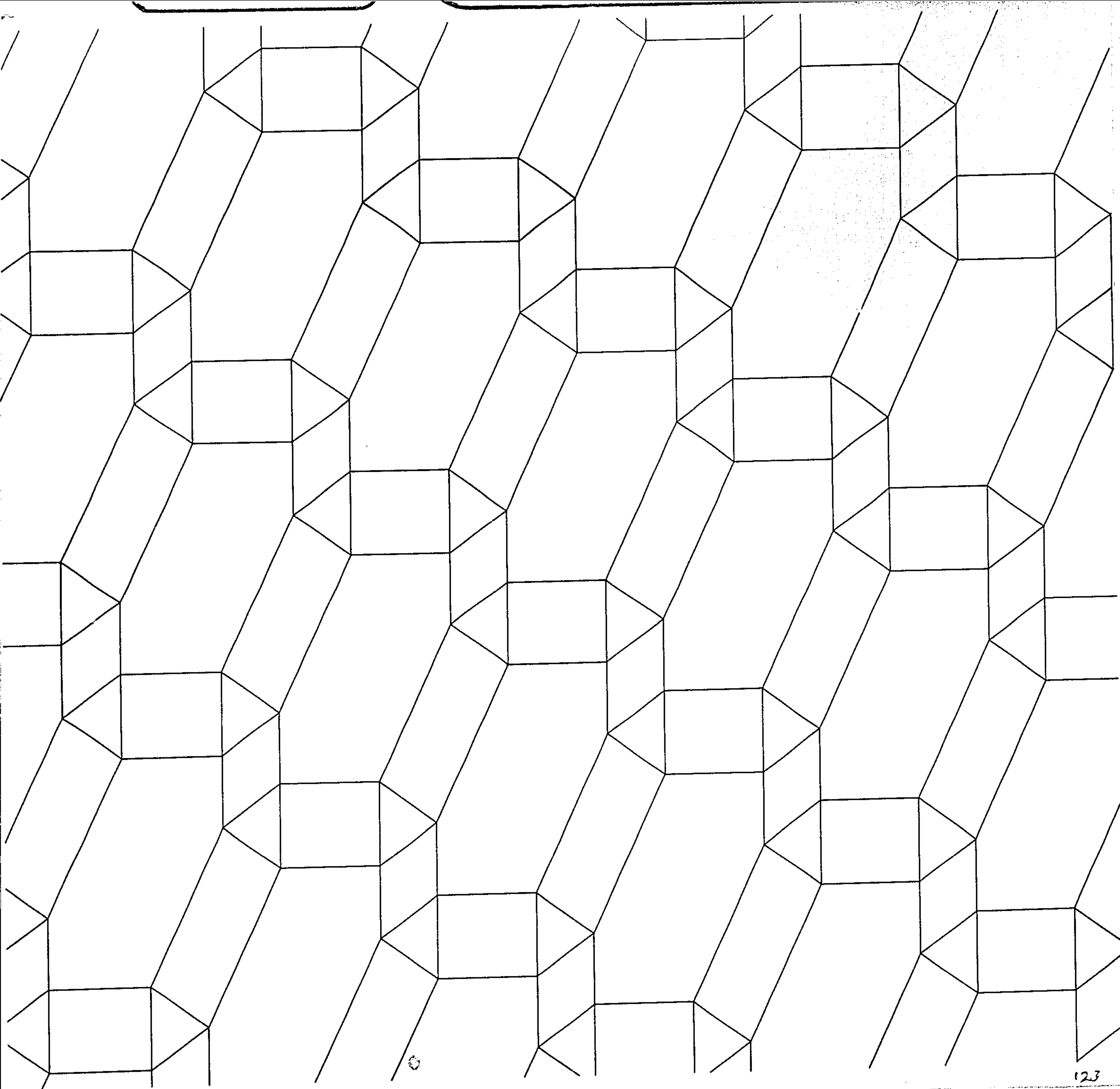


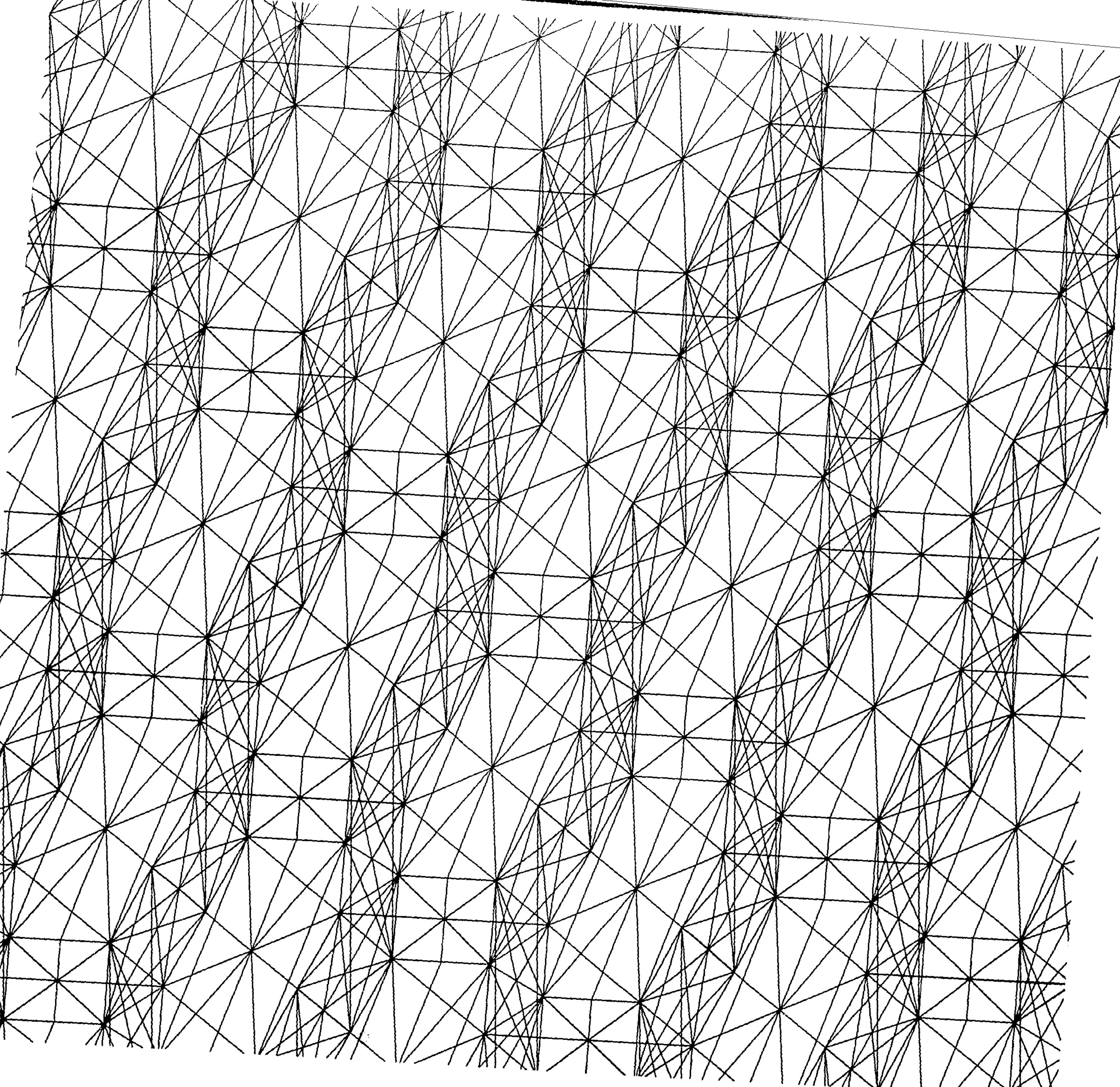


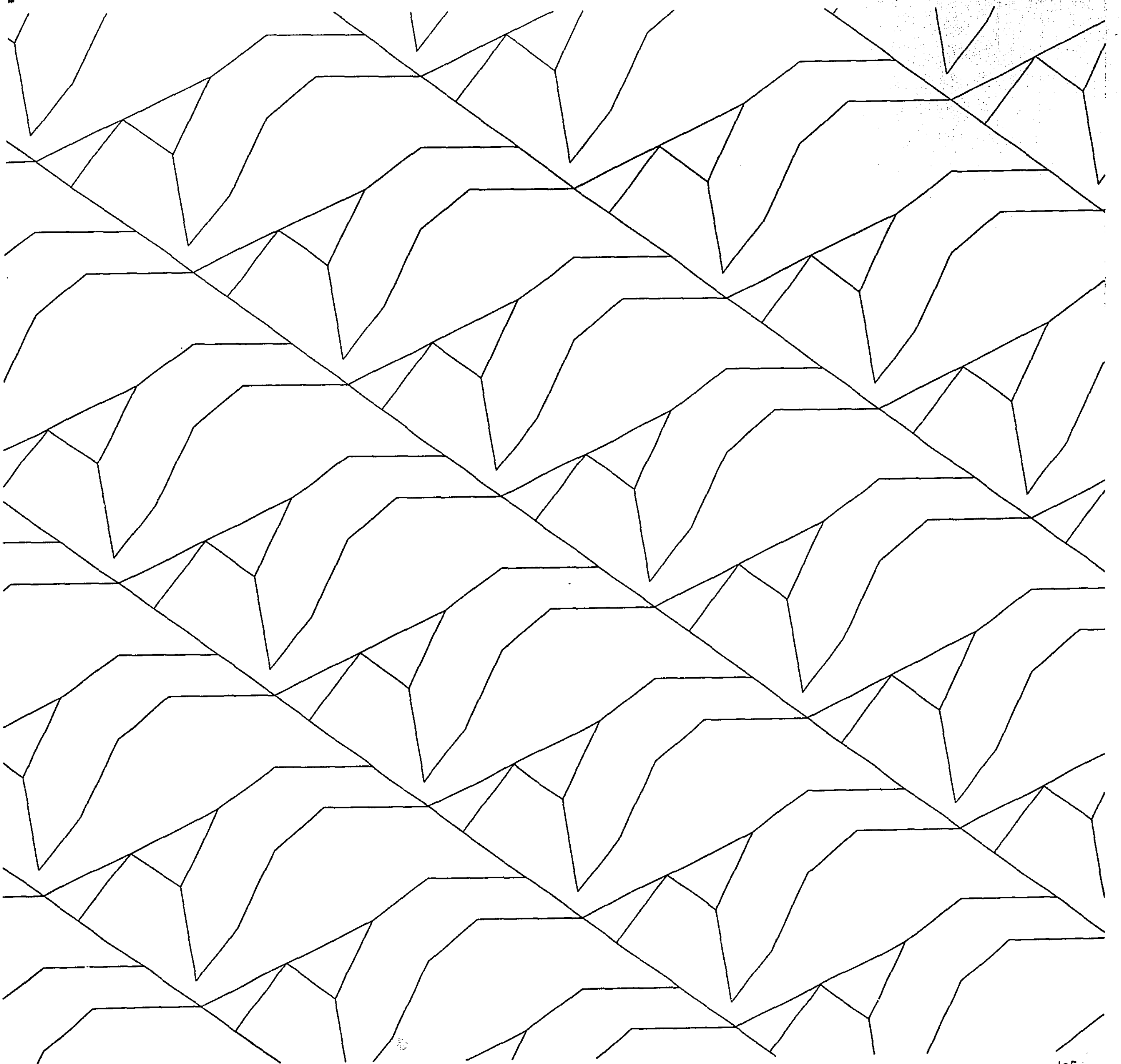


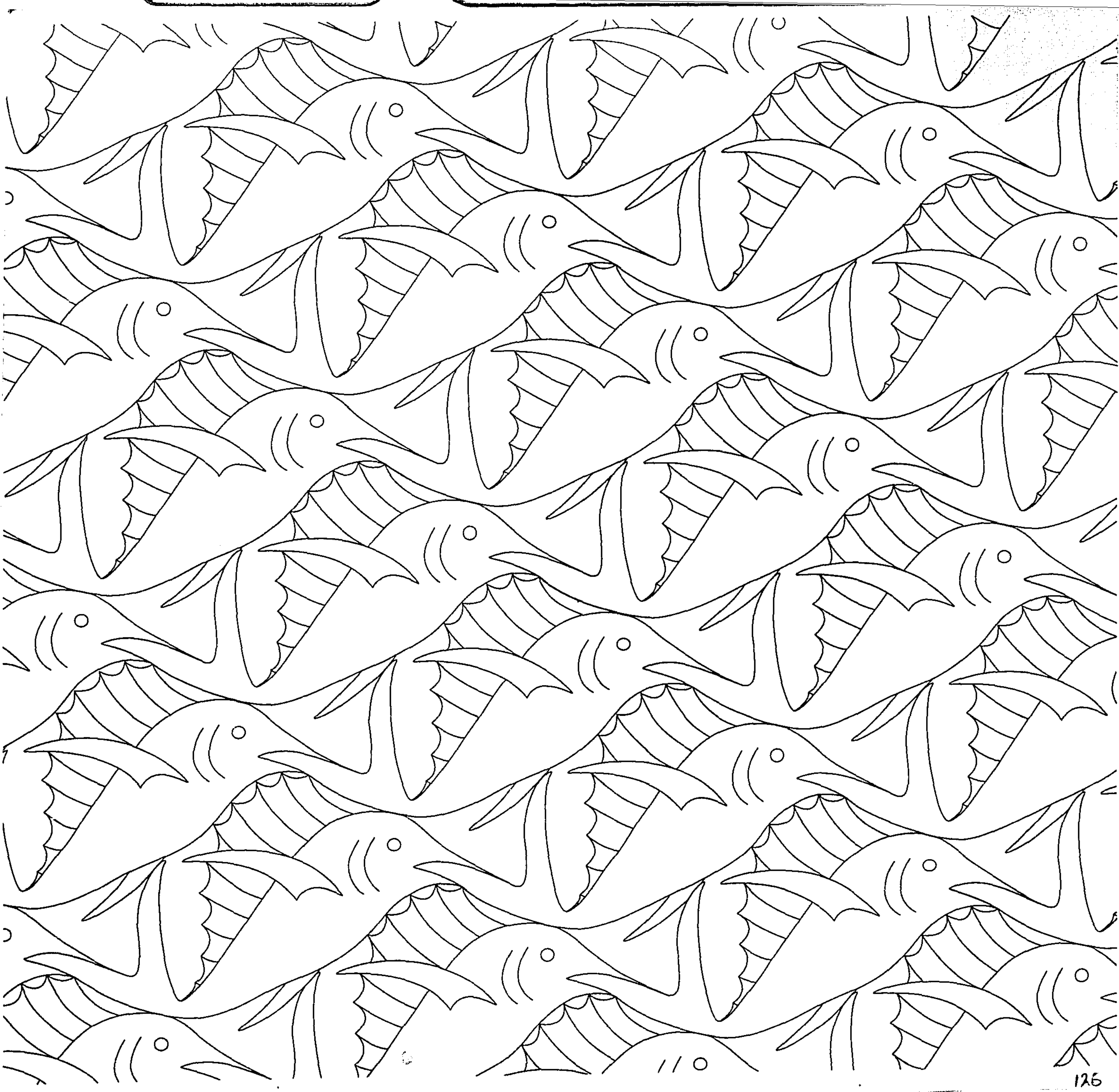


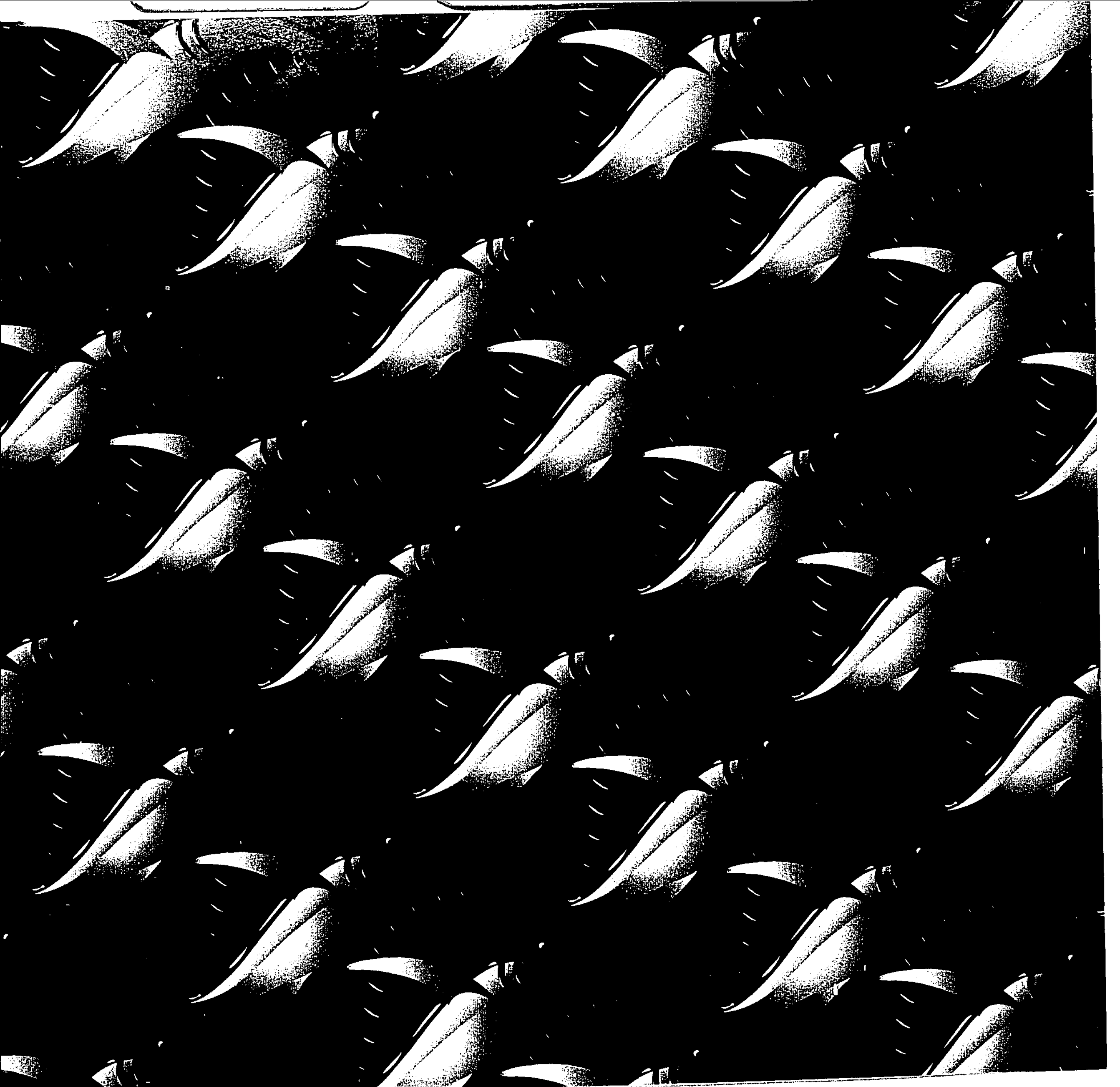


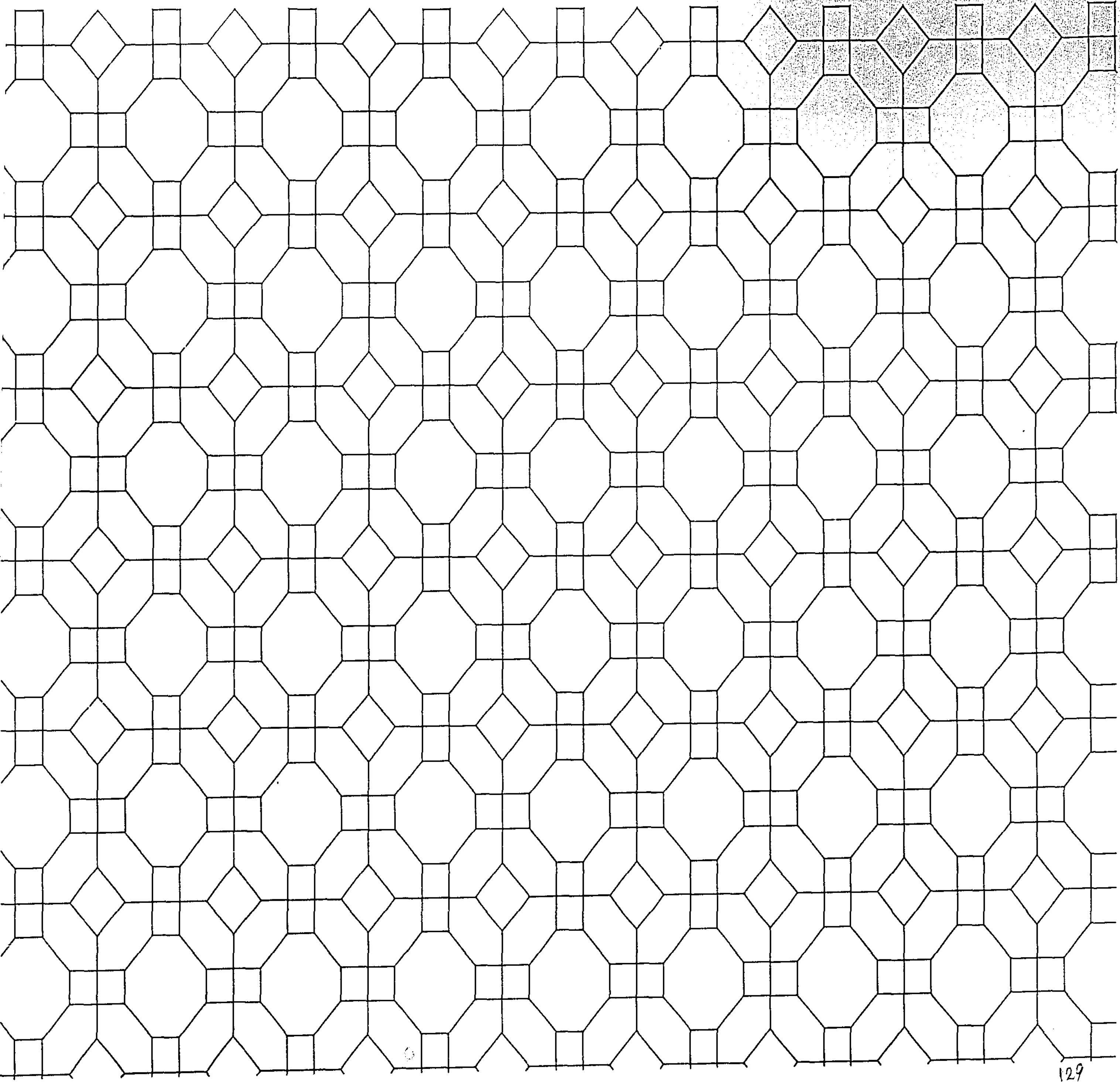


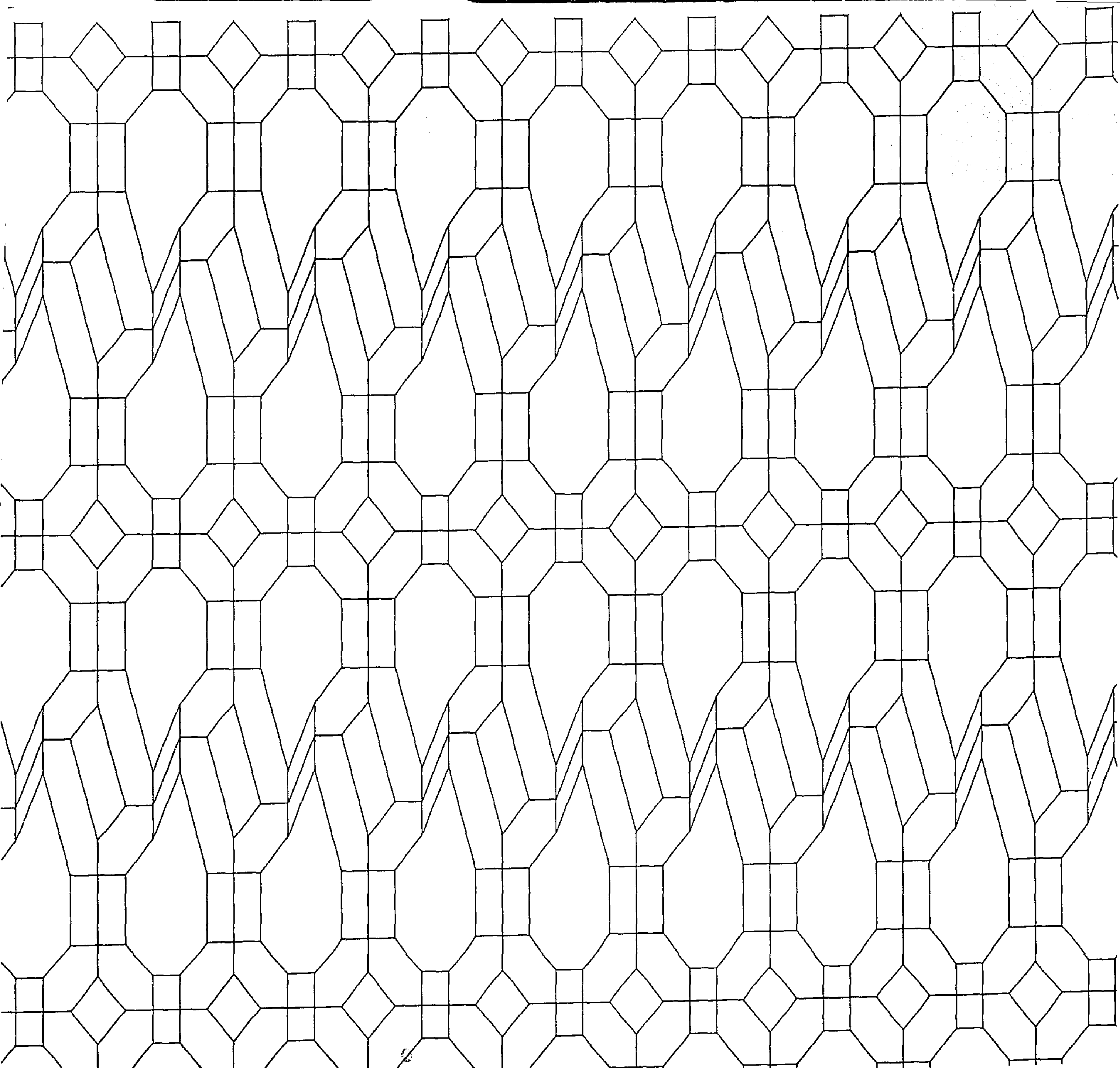


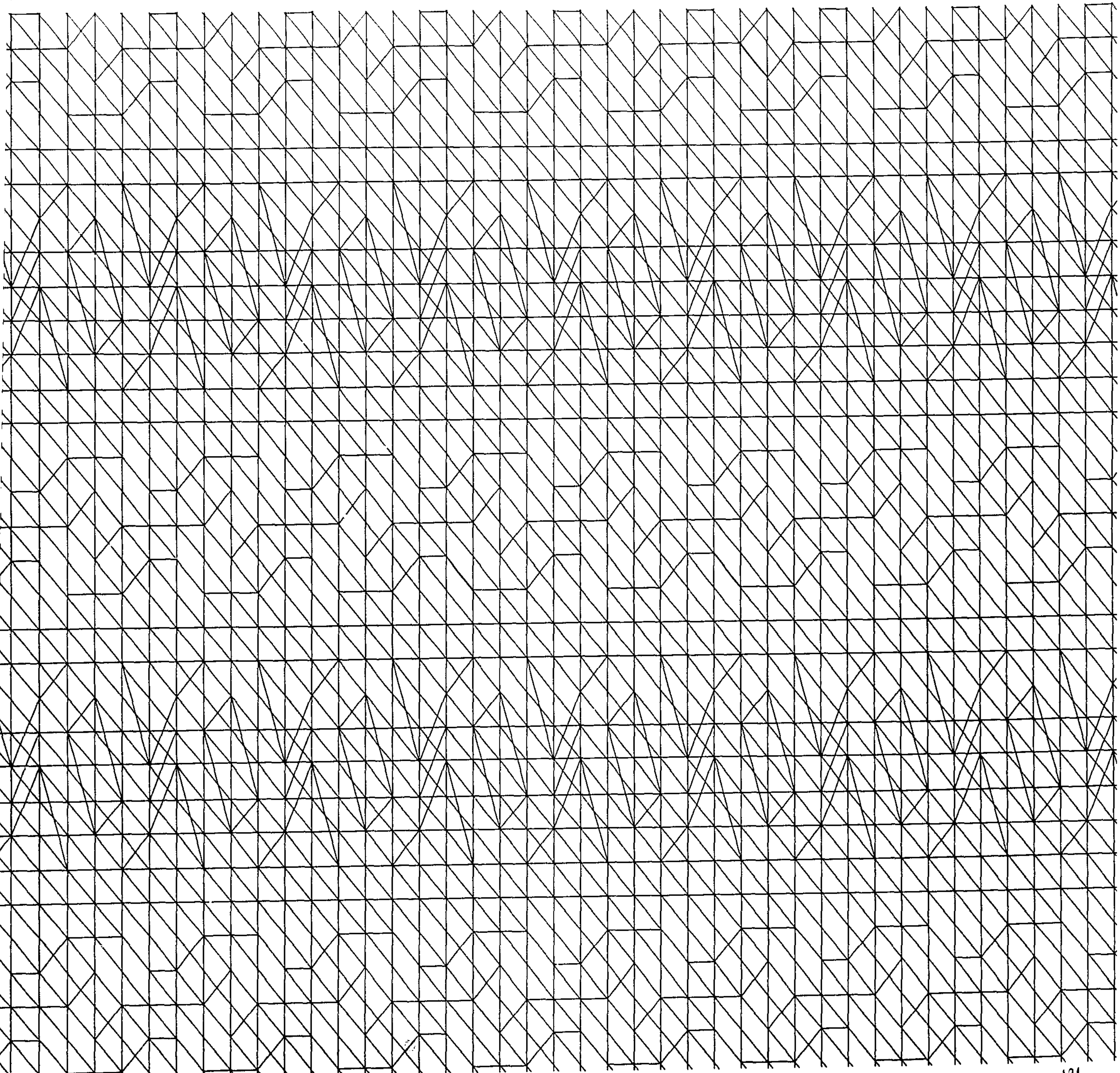


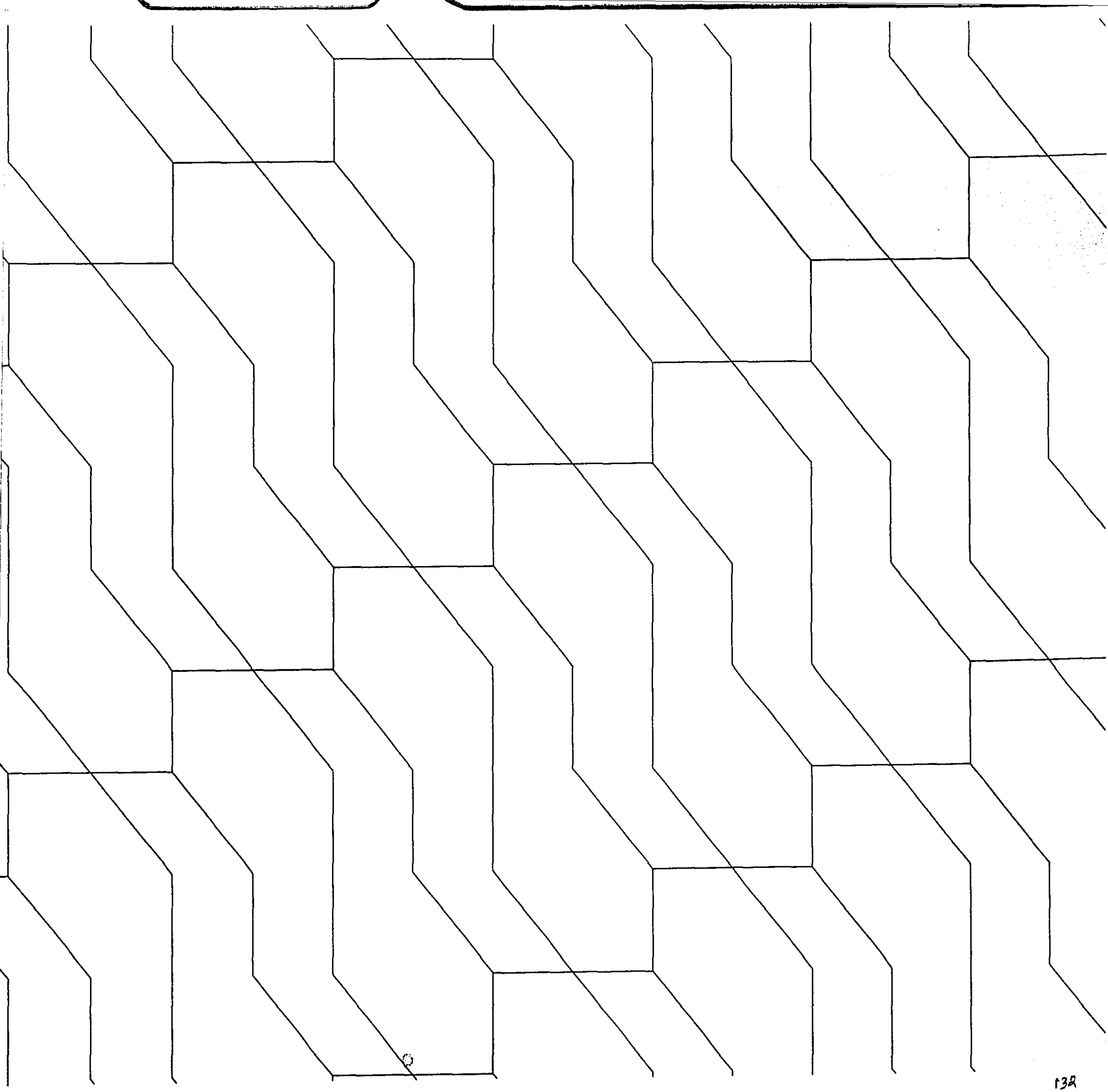


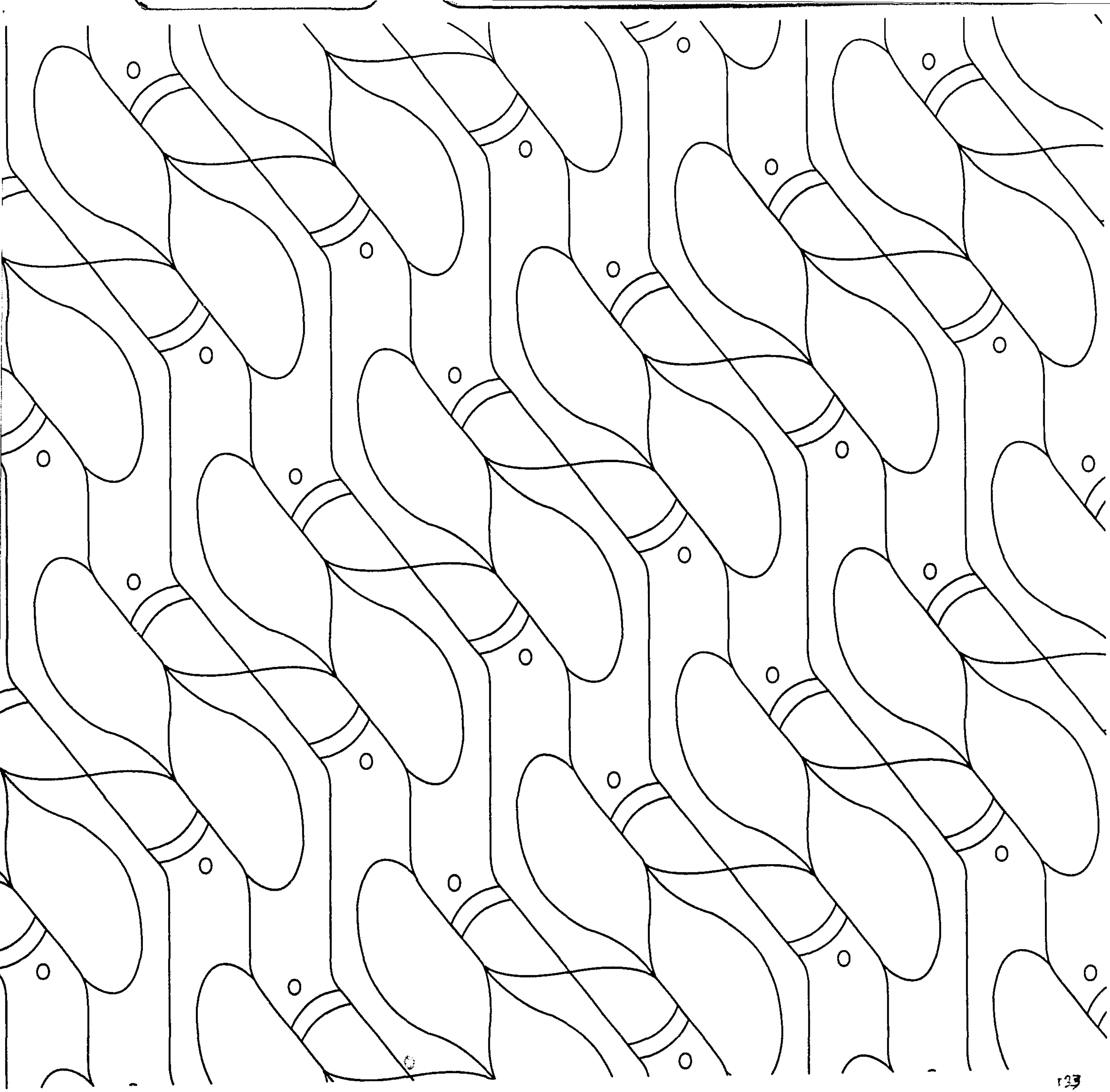


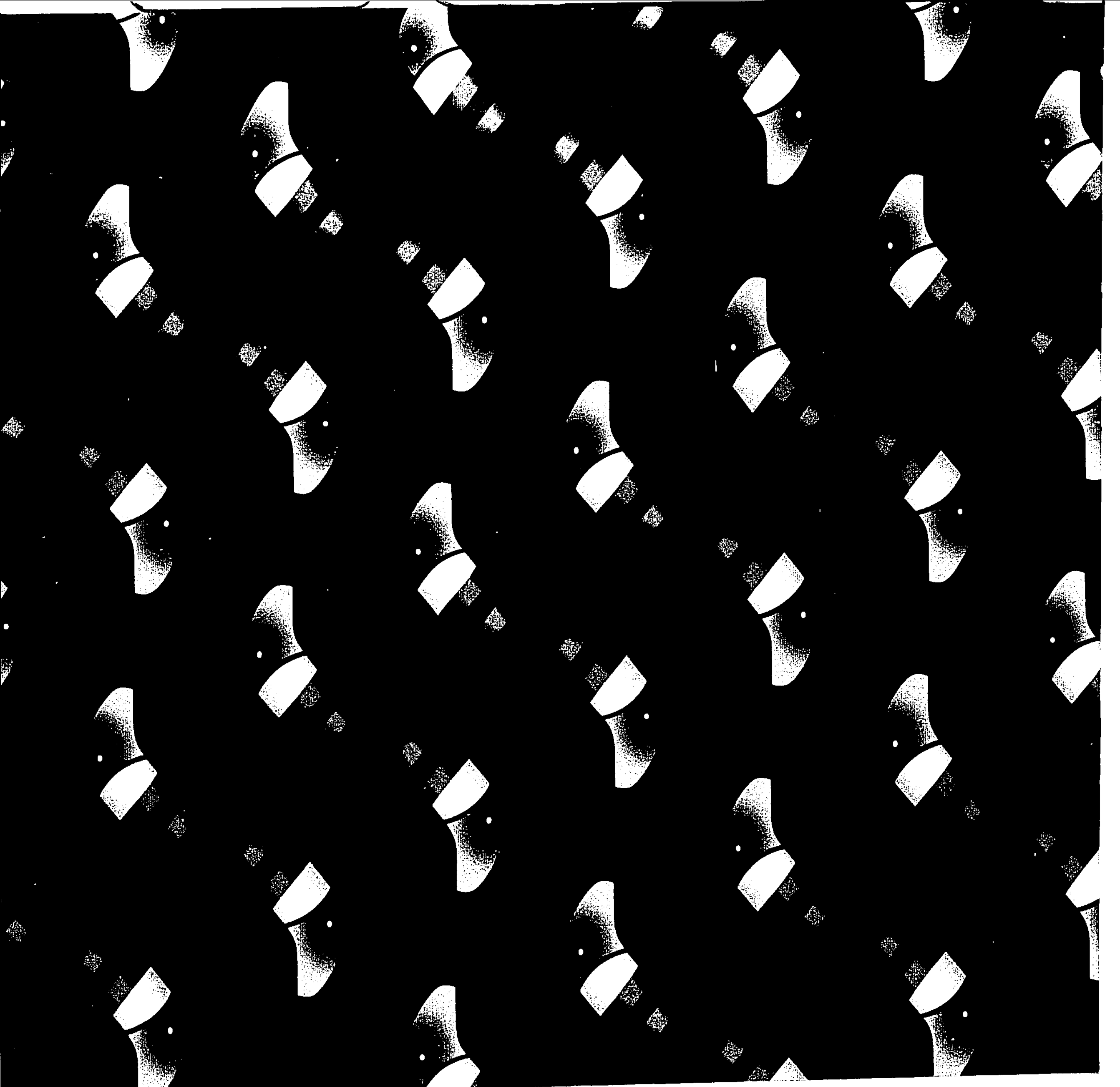












Citas bibliográficas

1. Real Academia Española, *Diccionario de la lengua española*, Madrid, España, Espasa-Calpe, 1984, p. 1117.
2. AAVV, *Diccionario enciclopédico Larousse*, Barcelona, España, Planeta Internacional, 1992, vol. 7, p. 2056.
3. Josef Müller-Brockmann, *Sistemas de retículas: Un manual para diseñadores gráficos*, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1982, p. 11.
4. AAVV, *op. cit. Diccionario*, vol. 5, p. 1486.
5. *Ibid.*, vol. 8, p. 2353.
6. *Ibídem.*
7. Cfr. Gui Bonsiepe, *Teoría y práctica del diseño industrial: Elementos para una manualística crítica*, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1978, p. 166.
8. Cfr. Bruno Munari, *Diseño y comunicación visual: Contribución a una metodología didáctica*, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1979, p. 254.
9. AAVV, *op. cit. Diccionario*, vol. 3, p. 911.
10. Bruno Munari, *op. cit.*, p. 250.
11. Wucius Wong, *Fundamentos del diseño bi- y tri-dimensional*, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1981, p. 27.
12. Cfr. Fundación Rafael Leoz, *Redes y ritmos espaciales*, Madrid, España, Blume, 1969, p. 55.
13. Cfr. *ibid.*, p. 57.
14. AAVV, *Enciclopedia universal ilustrada europeo americana*, Madrid, España, Espasa-Calpe, 1989, tomo 45, p. 1351.
15. AAVV, *op. cit. Diccionario*, vol. 7, p. 1927.

16. Manuel Seco, *Diccionario de dudas y dificultades de la lengua española*, Madrid, España, Aguilar, 1986, p. 210.
17. AAVV, *op. cit. Diccionario*, vol. 7, p. 1927.
18. Cfr. Fundación Rafael Leoz, *op. cit.*, p. 57.
19. *Ibid.*, pp. 62-64.
20. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 730.
21. AAVV, *op. cit. Diccionario*, vol. 4, p. 1159.
22. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 408.
23. AAVV, *op. cit. Diccionario*, vol. 3, p. 650.
24. Cfr. Miguel Preciado Cisneros y Carlos Toral Gutiérrez, *Curso de matemáticas*, México, D.F., México, Progreso, 1980, p. 292.
25. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 1011.
26. AAVV, *op. cit. Diccionario*, vol. 6, p. 1829.
27. Real Academia Española, *op. cit.*, p. 1011.
28. *Ibid.*, p. 1105.
29. AAVV, *op. cit. Diccionario*, vol. 7, p. 1964.
30. Miguel Preciado Cisneros y Carlos Toral Gutiérrez, *op. cit.*, p. 291.
31. AAVV, *op. cit. Enciclopedia*, tomo 52, p. 192.
32. Manuel Seco, *op. cit.*, p. 153.
33. Cfr. Fundación Rafael Leoz, *op. cit.*, pp. 62-63.
34. AAVV, *op. cit. Diccionario*, vol. 7, p. 2093.
35. Cfr. Fundación Rafael Leoz, *op. cit.*, pp. 62-63.
36. Cfr. Keith Critchlow, *Orden in Space*, New York, N.Y., U.S.A., 1965, appendix 2.
37. AAVV, *op. cit. Diccionario*, vol. 1, p. 57.
38. Agustín Mateos M., *Compendio de etimologías grecolatinas del español*, México, D.F., México, Esfinge, 1974, p. 306.

39. AAVV, *op. cit. Diccionario*, vol. 3, p. 763.

40. *Ibid.*, vol. 8, p. 2261.

41. Miguel Preciado Cisneros y Carlos Toral Gutiérrez, *op. cit.*, p. 62.

42. Agustín Mateos M., *op. cit.*, p. 333.

43. AAVV, *op. cit. Diccionario*, vol. 6, p. 1872.

44. Caroline H. Macgillavry, *Fantasy & Symmetry, The Periodic Drawings of M. C. Escher*, New York, N.Y., U.S.A., Harry N. Abrams, Inc., Publishers, 1976, p. 11.

45. *Ibid.*, p. 20.

CAPÍTULO IV

MATERIAL DIDÁCTICO

1. Antecedentes

Desde que el ser humano nace empieza a conocer y a relacionarse con el mundo mediante sus sentidos, el oído, el tacto, la vista, el olfato y el gusto. A medida que crece su principal aprendizaje proviene de la vista, es por ello que la enseñanza escolar, desde sus primeros años, siempre va acompañada de ejemplos gráficos para apoyar el estudio de determinado tema.

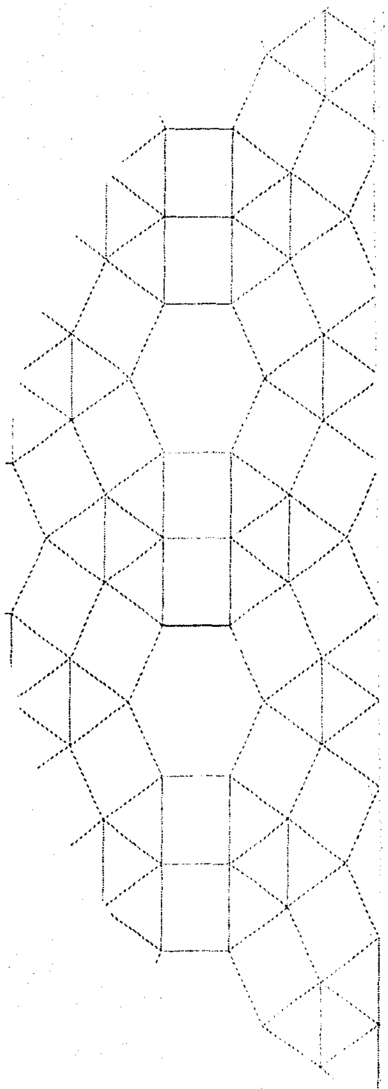
La educación es un proceso que se realiza desde los orígenes de la sociedad, en un inicio se desarrolló como la influencia espontánea que los adultos ejercían sobre los niños, adolescentes y jóvenes; posteriormente, este proceso de influencia pasó de espontáneo a intencional, con lo que surgieron las personas dedicadas específicamente a desarrollar dicho proceso y con ellas se dio el nacimiento de la escuela como tal. Al principio el aprendizaje dentro de la escuela se basó en el discurso oral del profesor, en la repetición, la memoria y algunas experiencias. Por tal motivo, los profesores se vieron en la necesidad de planear, armar y estructurar sus discursos para que dieran mejores resultados, es en este momento en donde nace el primer concepto de apoyo educativo, y surge como respuesta a la necesidad de transmitir los conocimientos de una manera más ordenada y efectiva. Con la invención de la tinta y el papel el método de enseñanza tuvo un gran cambio, ya que el aprendizaje comenzó a apoyarse también en escritos y libros, con lo que se habla ya más formalmente de un material didáctico.

2. Por qué material didáctico

Durante la evolución del proceso de enseñanza-aprendizaje se van desarrollando materiales educativos cada vez más complejos que permiten complementar la teoría. En la actualidad, estos materiales van desde dibujos muy sencillos realizados en el pizarrón de clases, hasta páginas Web, pasando por ilustraciones, esquemas, gráficas, láminas, carteles, rotafolios, copias, impresos, libros, pinturas, esculturas, fotografías, diapositivas y videos, entre otros, los cuales contribuyen a que los alumnos incrementen la posibilidad de explotar al máximo toda su inteligencia y sus sentidos.

A medida que la teoría se torna complicada surge la necesidad de tener un apoyo educativo más específico que permita facilitar el aprendizaje de los alumnos, por ello se debe crear una herramienta adecuada para dicho tema. Se habla entonces de material didáctico, el cual proporciona información práctica y fácilmente comprensible, además de involucrar a los alumnos con el tema y estimularlos a que deseen aprender y a que tengan más confianza en que pueden hacerlo.[1] *De tal manera que entendemos por material didáctico a los apoyos y auxiliares de la enseñanza, ya sea ésta formal, no formal o informal. Son mensajes educativos estructurales a partir del empleo de un medio (radio, T.V., pizarrón, carteles, títeres, etc.), que sirven para satisfacer en distinta dimensión las necesidades de la conducción que realiza el educador en torno al proceso de construcción del conocimiento del alumno.*[2] *Así el material didáctico es un componente más del proceso de enseñanza-aprendizaje, acerca del cual se genera reflexión, conocimiento, discusión, diálogo y también habilidad crítica.*[3] La palabra didáctico proviene del griego *didáktikós* derivado de *didáskein*, enseñar, y significa *perteneciente o relativo a la enseñanza, propio, adecuado para enseñar o instruir.*[4] *Ciencia que tiene por objeto los métodos de enseñar o instruir.*[5] *Como parte de la Pedagogía, la Didáctica se ocupa de la metódica de la enseñanza, especialmente de los valores de la educación.*[6] *La Pedagogía es la disciplina que tiene por objeto de estudio el hecho de educar; ciencia de la educación, ello es, estudio sistemático de la educación. La Pedagogía como ciencia de la Educación se diversifica en una variedad de disciplinas, contempla en conjunto qué es la teoría y la práctica, los métodos didácticos y de investigación, así como la manera de administrar y organizar los múltiples y complejos procesos educativos.*[7] De tal manera que el **material didáctico** es un elemento educativo básico que sirve de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de cualquier tema.

La educación formal es un sistema educativo altamente institucionalizado, cronológicamente graduado y jerárquicamente estructurado que pasa desde la escuela preprimaria hasta el más alto grado académico. El espacio físico donde se imparte este tipo de educación es la



escuela. La educación no formal es toda actividad educativa desarrollada en forma organizada y sistemática fuera de la escuela, cuyo objetivo es brindar experiencias de aprendizaje a una población previamente elegida (por ejemplo: cursos en sistemas abiertos o a distancia en determinada especialidad). La educación informal es un proceso que dura toda la vida. Por su intermedio cada persona adquiere conocimientos, habilidades, valores culturales, actitudes y experiencias cotidianas, además de exponerse con el medio ambiente y sus interrelaciones. Los medios de comunicación, entre otros, constituyen importantes instrumentos de cambio dentro de la educación informal.[8]

Todo material didáctico debe corresponder a la edad y madurez del alumno, además debe ser educativo, claro, de medida adecuada, de fácil manejo, durable, atractivo y útil, para así despertar el interés que permitirá el aprendizaje deseado, y puede, o no, implicar el uso de tecnología. Por otra parte, dicho material es un gran apoyo para el profesor que imparte la materia, ya que es un elemento complementario para satisfacer la necesidad de enseñanza de la teoría y además, involucra de tal modo al alumno que lo hace tener más interés y por consiguiente aprender con mayor facilidad.

En la actualidad se dispone de muchos elementos indispensables para crear un material de enseñanza propio con las características específicas y necesarias para el desarrollo de determinado tema. Es claro que en el momento que se decide producir un auxiliar didáctico se tiene una responsabilidad más en cuanto a la creatividad de su fabricación y diseño, ya que ésta no es sólo la aplicación de nuevos medios y/o materiales, sino que se requiere de una amplia investigación sobre el tema para que el resultado sea verdaderamente adecuado.

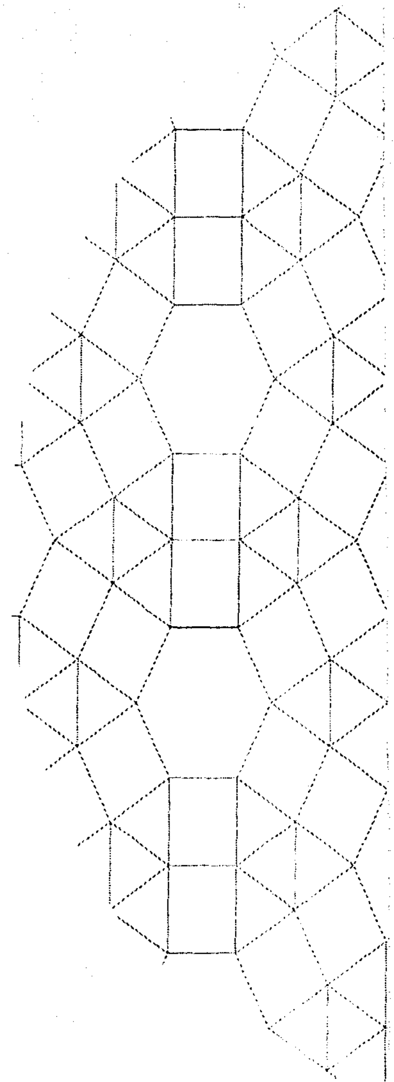
Pizarrones magnéticos

Como parte de los materiales didácticos más antiguos y comunes se tiene la existencia de los pizarrones para escribir, éstos fueron la base para la creación de diversos tableros de exhibición que son una excelente herramienta de instrucción por su versatilidad y flexibilidad de usos. Dentro de esta variedad de tableros de exhibición —de fieltro, de gancho y ojo (velcro), de espiga o clavija (madera multiperforada), entre otros— existen los llamados tableros magnéticos que, después de los libros, constituyen uno de los materiales útiles más fáciles de obtener.[9] Literalmente su nombre es incorrecto, ya que el tablero no es magnético, en realidad se está hablando de una hoja delgada de acero que está recubierta con una pintura férreo-pigmentada especial para pizarrones y que atrae imanes,[10] por lo tanto, también sirve para escribir con gis. Este tipo de tablero es el que comúnmente se conoce como pizarrón y existe en casi cualquier salón de clases.

Material imantado

Además del pizarrón magnético se debe tener el material imantado, que en este caso es en sí el material didáctico. Éste se puede obtener fácilmente si a cualquier figura, fotografía o impresión en papel o en tela ligera, que sirva de apoyo para desarrollar un tema determinado, se le coloca un imán, éste permitirá que las piezas señaladas permanezcan adheridas al pizarrón, de tal manera que en realidad se tendrán figuras, fotografías o impresiones imantadas. Por otra parte, también se tiene la posibilidad de fabricar cualquier forma en material imantado, el proceso para su producción consiste en la aplicación de una impresión en papel, ya sea en offset, serigrafía o digital, sobre una lámina de imán. La lámina de imán que se usa normalmente se fabrica en calibres 15 y 30, la más usual para realizar este tipo de trabajos es la de calibre 15 por su flexibilidad, ligereza y sobre todo por su costo. Esta materia prima es de importación ya que no se produce en este país, y comúnmente se distribuye en rollos de 60 cm de ancho por 100 yardas de longitud.

Para llevar a cabo la producción del material imantado lo primero que se debe hacer es determinar y diseñar lo que se va a imprimir. También se necesita saber si la impresión se va a realizar en offset, en serigrafía o va a ser digital, generalmente para tomar esta decisión se analizan varios factores tales como: el tiraje a producir, la calidad requerida, el costo y la rapidez, entre otros. El offset se emplea normalmente cuando se requiere imprimir en selección de color o cuando el tiraje es grande, ya que su producción es muy rápida; aunque también puede ser utilizado para imprimir tintas directas que no estén en selección de color. La serigrafía es un proceso de impresión más fino pero más costoso y más lento, sin embargo, es ideal para tirajes pequeños o cuando es indispensable que los colores se respeten al cien por ciento, como es el caso de cualquier logotipo. La tercer



opción de impresión es la digital, ésta se realiza por medio de la computadora, la cual imprime a cuatro tintas (cyan, magenta, amarillo y negro) sin necesidad de producir negativos o positivos como en el caso del offset o la serigrafía. Por su bajo costo y rapidez, este proceso es ideal para cuando se requieren tirajes muy cortos en selección de color, (generalmente no más de 300 piezas porque el precio se comienza a elevar demasiado y entonces resultaría más atractivo realizarlo en offset); sin embargo, aunque es una excelente alternativa, su calidad nunca será tan buena como el offset.

Comúnmente los materiales imantados a producir son de tamaños pequeños que van de 5 a 15 cm aproximadamente, por lo que lo más conveniente es imprimirlos en planillas. La impresión del diseño, ya sea en offset, en serigrafía o digital, se realiza de manera normal y casi siempre sobre papel couché de 135 ó 150 gr. Una vez que el material ha sido impreso se le da un acabado con barniz UV (ultravioleta), el cual lo hace más brillante y lo protege del deterioro por la manipulación y el maltrato. En ocasiones el acabado no se realiza con barniz UV sino con plastificado, éste consiste en adherir por medio de calor una película plástica al papel y generalmente es utilizado por tener un costo menor, sin embargo, no es recomendable porque ante los climas extremosos o cambios bruscos de temperatura tiende a desprenderse.

Una vez que la impresión ha sido realizada y el barniz ha sido aplicado se procede al laminado, es decir, el papel impreso es adherido a una lámina de imán por medio de un pegamento especial. Finalmente, la lámina ya impresa —por llamarla de alguna manera— se somete al proceso de suajado, el cual puede ser a través de placas de suaje o por medio de guillotina; es en este momento cuando las piezas quedan ya separadas. Cabe aclarar que con el fin de tener un diseño más atractivo las piezas imantadas pueden tener cualquier forma, esto es gracias a que el suaje así lo permite.

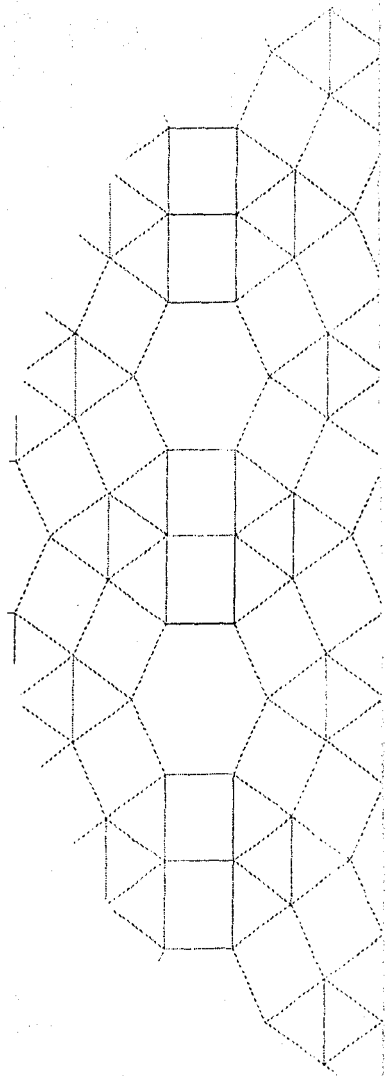
El empleo del tablero o pizarrón magnético y el material imantado permiten gran interacción del alumno en el salón de clase, ya que se manipula fácilmente y esto hace posible repetir el ejemplo cuantas veces sea necesario hasta que quede completamente comprendido el tema.

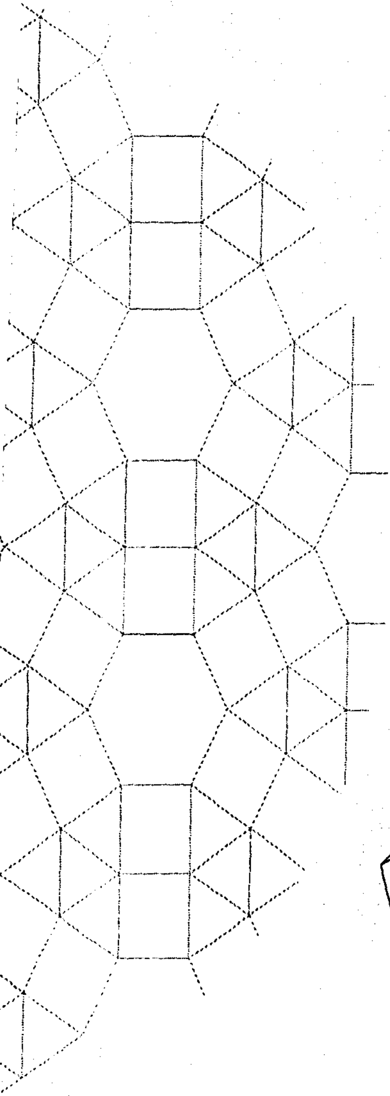
La producción de figuras imantadas no solamente constituye un excelente proceso para la realización de material didáctico para pizarrones magnéticos, también tiene algunas aplicaciones adicionales en señalización, publicidad y algunos otros rubros. En la actualidad la existencia de figuras imantadas es muy extensa, ya que comercialmente se producen en este material una gran cantidad de artículos publicitarios y promocionales para comercios que requieren dar a conocer sus servicios, direcciones, teléfonos, etc.; tal es el caso de farmacias, hospitales, restaurantes, servicio de supermercado a domicilio, entre otros, que recurren a este producto con la finalidad de estar en la mente del consumidor como primera opción de compra.

3. Material didáctico y operaciones de simetría

El tema del material didáctico se incluye en este manual porque se sabe que en el salón de clases la explicación y ejemplificación de la Teoría de la Simetría en ocasiones se torna difícil, particularmente las operaciones de simetría son las más complejas de ejemplificar, por lo que se consideró prudente producir un material didáctico propio que servirá de apoyo a los profesores. Por otra parte, se pretende que los alumnos puedan aprovechar mejor su tiempo, ya que si comprenden con mayor rapidez los ejemplos explicados por el profesor, el desarrollo y la aplicación de éstos les serán mucho más sencillos en el momento de realizar sus trabajos. Este material consiste precisamente en piezas imantadas que permiten desarrollar cualesquiera de las operaciones de simetría sobre el pizarrón, con la ventaja de poderlas repetir, corregir o repasar cuantas veces sea necesario, y sin la complicación que implica el uso excesivo de gis al dibujar y borrar constantemente, además de la limitante que existe en cuanto a variedad de colores se refiere.

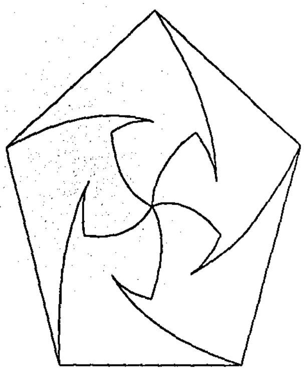
Para la producción de cualquier material didáctico propio es indispensable contar con recursos materiales y humanos, así como con las características específicas de lo que se desea producir. Como ya se mencionó,





es necesario llevar a cabo una amplia investigación para que éste cumpla realmente con las expectativas deseadas. En primer lugar se deben determinar los objetivos, recopilar la información necesaria sobre el tema y jerarquizarla, además se debe realizar una investigación bibliográfica-documental. Por otra parte, es indispensable analizar el aspecto pedagógico y técnico del material a producir, su utilidad, tamaño, comprensibilidad, claridad de aplicación, funcionalidad, capacidad de crear interés en los alumnos, calidad técnica, estética y formal, así como su resistencia y durabilidad.[11]

Después de realizar la investigación correspondiente se llegó a la conclusión de producir un material didáctico propio, éste consiste en piezas imantadas que tienen la misma forma pero con diferentes colores y tamaños, lo que permite desarrollar cualquier operación de simetría sobre la superficie del pizarrón porque pueden sobreponerse unas sobre otras.



División de un pentágono homogéneo

Para determinar cuál sería la forma más adecuada que deberían tener las piezas se realizaron varias pruebas, algunas de ellas basadas en figuras geométricas y otras en figuras completamente caprichosas, pero siempre considerando que este factor es muy importante, ya que al momento de desarrollar cualquier operación de simetría no debe existir confusión en cuanto a qué fórmula es la que se está aplicando, es primordial identificar claramente y sin confusión si la forma es rotada o reflejada, por lo que ésta no debe ser simétrica en sí misma.

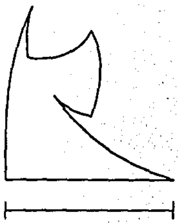
Entre las pruebas realizadas se seccionaron internamente algunos polígonos, así se llegó al resultado final, el cual surge de la división de un pentágono homogéneo en cinco partes iguales que van del centro hacia sus vértices (éste pudo haber sido un hexágono, un octágono o cualquier otro polígono, sin embargo se eligió así por simple gusto, por ser el de menor número de lados después del cuadrado). Esta forma se consideró la más apropiada porque si se está tratando el tema de la simetría lo más lógico es utilizar una forma que de alguna manera provenga de ella. Por otra parte, se analizó la posibilidad de que en el momento de la producción no se tuviera demasiado desperdicio, esto se logró gracias a que de un pentágono se obtuvieron cinco piezas exactas por lo que el excedente de material fue mínimo, y sólo se desperdició el intersticio que existe entre un pentágono y otro.

Para determinar que el tamaño de las piezas fuera el apropiado se consideraron varios aspectos, fue muy importante tomar en cuenta la dimensión total del pizarrón del salón de clases, ya que si en un momento dado se desea desarrollar alguna fórmula larga y compleja, las piezas no pueden ser demasiado grandes porque el pizarrón no alcanzaría. Por otra parte, se analizó que en los lugares más alejados del pizarrón la visibilidad y claridad de las piezas no se vieran afectadas por la distancia. Además, se buscó que el tamaño del material fuera adecuado para su manipulación y, por consiguiente, práctico, cómodo de guardar y fácil de transportar.

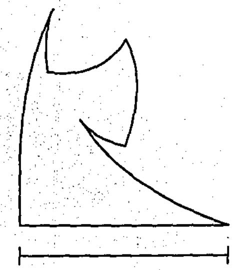
En cuanto a color se refiere, se eligieron tonos claros y brillantes para que tuvieran mayor contraste y legibilidad, dado que el fondo del pizarrón normalmente es obscuro. Se seleccionaron cuatro colores diferentes para que en el momento de desarrollar una fórmula cada paso se pudiera realizar en un color distinto, lo que permitirá tener mayor claridad en la explicación.

El material didáctico se produjo en cuatro tamaños diferentes, cada uno de ellos es un 25% más grande que el inmediato anterior. Tomando en cuenta la medida de un lado del pentágono, el más pequeño es de 5.0 cm, el segundo de 6.2, el siguiente de 7.8 y el más grande de 9.7 cm.

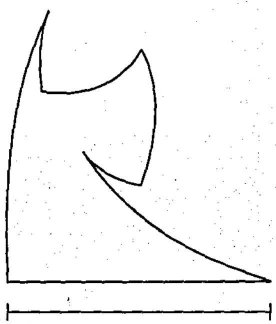
En total se fabricaron 240 piezas en cuatro tamaños diferentes y en cuatro colores por cada tamaño. De los dos tamaños más pequeños se produjeron 20 piezas de cada color, 10 de ellas en posición normal y las otras 10 en posición invertida; de tal manera que de cada uno de estos dos tamaños se tiene un total de 80 piezas de diferentes colores, 40 en posición normal y 40 invertidas. De los dos tamaños más grandes se fabricaron sólo la mitad de piezas, por lo que en total se tienen 40 de cada tamaño, 20 son normales y 20 invertidas.



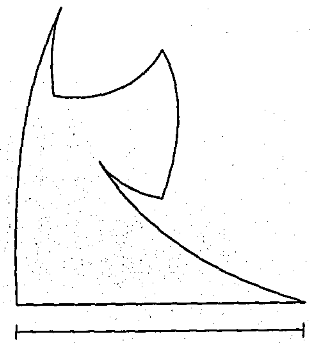
5.0 cm
primer tamaño



6.2 cm
segundo tamaño



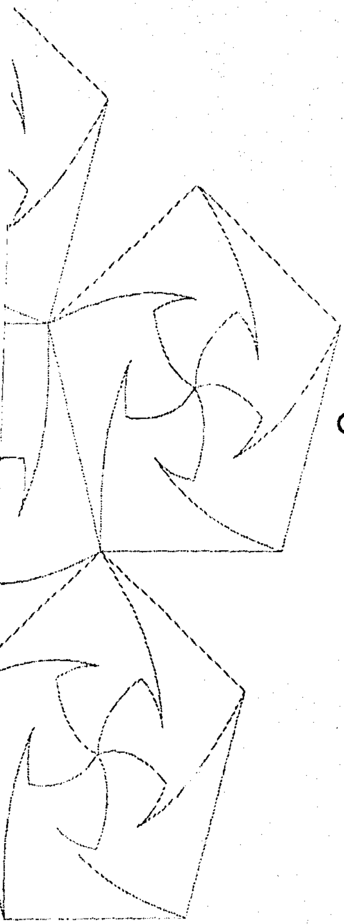
7.8 cm
tercer tamaño



9.7 cm
cuarto tamaño

Citas bibliográficas

1. Cfr. Raymond V. Wiman, *Material didáctico: Ideas prácticas para su desarrollo*, México, D.F., México, Trillas, 1973. pp. 7 y 12.
2. Delia María Crovi Druetta, *Metodología para la producción y evaluación de materiales didácticos*, Bogotá, Colombia, FELAFACS, 1990, p. 116.
3. *Ibid.*, p. 50.
4. AAVV, *Enciclopedia universal ilustrada europeo americana*, Madrid, España, Espasa-Calpe, 1989, tomo 18, p. 969.
5. AAVV, *Diccionario enciclopédico Larousse*, Barcelona, España, Planeta Internacional, 1992, vol. 3, p. 749.
6. Delia María Crovi Druetta, *op. cit.*, p. 111.
7. *Ibid.*, p. 117.
8. *Ibid.*, p. 112.
9. Cfr. Jerry Mac Linker, *Tableros didácticos en la escuela*, México, D.F., México, Pax-México, 1971, p. 7.
10. *Ibid.*, pp. 20-21.
11. Cfr. Delia María Crovi Druetta, *op. cit.*, pp. 76-80.



CONCLUSIONES

Como se mencionó en un principio, este es un manual de consulta para facilitar a los alumnos de quinto y sexto semestre el aprendizaje de la materia de Morfología, porque estudia y define claramente parte de la Teoría de la Simetría.

Esta investigación brinda apoyo didáctico tanto a alumnos como a profesores, ya que contiene un extenso análisis y la explicación e interpretación correcta y específica de información no enfocada expresamente al Diseño y a la Comunicación Visual, por lo que resulta más fácil la comprensión y entendimiento de los temas, logrando así, que los alumnos puedan llevar a cabo una mejor aplicación gráfica de éstos en menor tiempo.

Con el fin de proporcionar la mayor cantidad de información posible, para cada uno de los conceptos se buscaron definiciones de fuentes y autores diferentes, lo que permitió tener una visión más amplia para, posteriormente, dar una interpretación personal de cada uno de ellos.

Por otra parte, para lograr describir paso a paso el desarrollo de cada tema fue indispensable presentar una gran variedad de ejemplos para evidenciar los procedimientos empleados, esto con la finalidad de lograr que el alumno pueda analizarlos cuantas veces sea necesario, y hacer comparaciones entre ellos para entender la diferencia que existe entre uno y otro; sin embargo, en cuanto a la aplicación final en el Diseño de los conceptos aquí tratados existen pocos ejemplos, ya que uno de los objetivos principales de este manual es proporcionar las herramientas necesarias para que los alumnos logren dominar el tema, y sean ellos quienes propongan sus propias aplicaciones gráficas.

A lo largo de la realización de este estudio se presentaron varias incógnitas y surgieron innumerables dudas, lo que llevó a realizar una investigación más profunda y un análisis más completo del tema; esto sirvió para aclarar las dudas existentes, pero sobre todo, para reafirmar el aprendizaje y así poder transmitirlo a los alumnos de una manera sencilla, evitando que puedan caer en los mismos errores.

Durante el proceso de este manual nunca se perdieron de vista los objetivos principales, brindar apoyo teórico y práctico a los alumnos y profesores para que la enseñanza, el aprendizaje y el desarrollo de la materia fueran más sencillos y dinámicos.

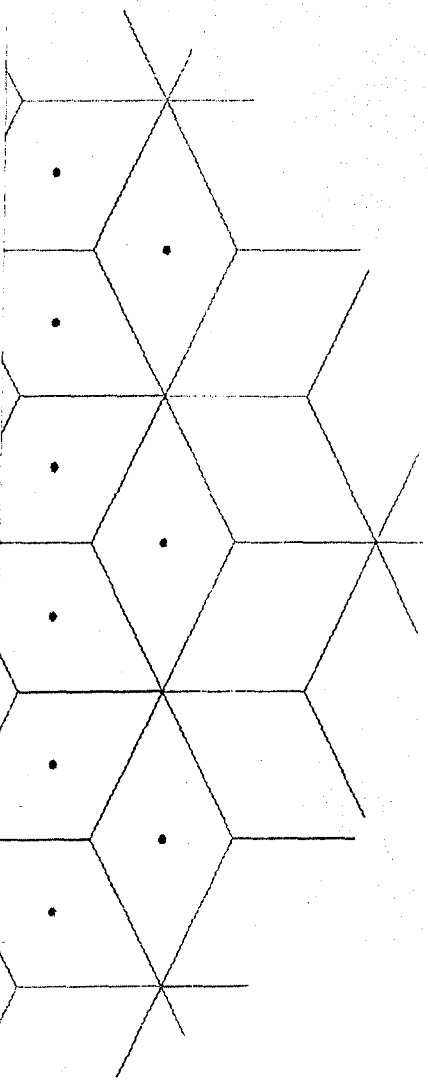
El diseño y la producción del material didáctico fueron especialmente planeados, cuidados y ejecutados, ya que como herramienta de trabajo en el salón de clases es parte medular de este trabajo.

Comentarios

Después de llevar a cabo esta investigación, se puede afirmar que el resultado no es sólo la recopilación de información y ejemplos de una parte de la aplicación de la Teoría de la Simetría en el Diseño y Comunicación Visual; es sobre todo, la recopilación de conocimientos, experiencias, vivencias, enseñanzas, satisfacciones y triunfos. Con la culminación de la licenciatura termina una etapa de la vida, la etapa de formación académica y de aprendizaje, se cierra el ciclo como alumno que hace tantos años comenzó.

Cuando se emprende la tarea de estudiar una profesión, nunca se imagina lo difícil que puede resultar, no se piensa en los obstáculos, tropezones, caídas, desvelos y tantas cosas que se viven cuando se es estudiante. Además, en este caso, se eligió una carrera llena de desafíos, de incógnitas, de responsabilidades impostergables y sobre todo de retos; pero también llena de creatividad, de respuestas, de resultados, de aciertos, de triunfos, de reconocimientos y satisfacciones que se reciben no sólo del exterior, sino también del interior, es decir, la satisfacción que una persona tiene al momento mismo de estar creando o diseñando; en fin, a través del tiempo todo ese esfuerzo se ve recompensado con el privilegio de haber podido terminar una licenciatura y tener los conocimientos indispensables para seguir adelante en otra carrera todavía más larga y difícil, la de la vida profesional.

Finalmente, se espera que esta tesis también se convierta en un estímulo para los alumnos que cursan actualmente su carrera, ya que a través de ella pueden proyectarse y darse cuenta que es realmente satisfactorio culminar sus estudios, prepararse para que algún día tengan la oportunidad de descubrir el maravilloso mundo que existe fuera de las aulas en torno al Diseño, la Comunicación Visual y la Publicidad.



GLOSARIO

Alargamiento. Deformación arbitraria o convencional de un módulo a partir de vértices o lados, como si se jalara por alguno de ellos.

Ametría. Elementos privados de medida, modelo o norma.

Amétrico. Sistema en donde los motivos son completamente diferentes entre sí y no tienen algo en común ni relación alguna.

Amorfo. Que carece de forma.

Anamorfismo. Transformación. Nueva forma que resulta de la modificación que sufre la forma original debido a la deformación geométrica que se ejerce a partir de ella.

Cambio de perímetro. Alteración de los perímetros de un módulo con líneas rectas, curvas o con ambas, siguiendo siempre el mismo orden.

Catametría. De modelos y/o medidas derivadas de.

Catamétrico. Sistema en donde los motivos siendo necesariamente diferentes tienen una o algunas características formales semejantes, o existe entre ellos alguna relación formal en común que los hace ser afines.

Catamorfo. Hacia abajo de la forma o derivación de la forma.

Clases de simetría. Clasificación de la simetría que depende de las características formales intrínsecas de los motivos que la integran, y/o de la relación de concordancia que existe entre ellos.

Coherencia formal. Relación indispensable de concordancia y compatibilidad que permite la integración de cualquier unidad.

Coherencia interformal. Relación existente entre los motivos, formas o unidades que constituyen un sistema, conformación o simetría.

Coherencia intraformal. Relación que existe dentro de una unidad entre los componentes que la integran.

Conformación. Unión ordenada de varias formas o motivos iguales, semejantes o diferentes pero afines.

Congruencia. Orden lógico en que están dispuestos unos elementos con respecto de otros.

Corona circular. Área limitada por dos circunferencias concéntricas.

Cubo. Poliedro de seis caras cuadradas.

Dilatación. (Ver expansión).

División. Corte de los módulos de una red que da lugar a nuevos módulos o submódulos que son más reducidos y diferentes a los que se tenían originalmente.

Eje de simetría. Línea que sirve para reflejar, como directriz de traslación, o como eje de rotación en tres dimensiones.

Elemento de simetría. Forma geométrica tal como el punto, la línea y el plano, que sirve como ordenador ya que a partir de él es posible el desarrollo de las operaciones de simetría en dos y tres dimensiones.

Equilibrio axial. (Ver reflexión).

Equilibrio radial. (Ver rotación).

Estructura. Ordenador que define la disposición de los elementos formales en un diseño o en una forma; esqueleto-patrón que sostiene un módulo o la unión de varios módulos sin importar si éstos son iguales o diferentes.

Expansión. Repetición de un motivo que crece uniformemente en cada acción a partir de un punto determinado o punto de expansión.

Extensión. (Ver expansión).

Figura. Percepción que cada quien tiene de la forma.

Forma. Característica intrínseca de la materia en su estado sólido o líquido (adoptando la forma del recipiente que lo contiene).

Forma cultural. Forma que no es natural, que ha sido creada por el hombre con un fin específico.

Forma geométrica. Forma conceptuada por el hombre mediante fórmulas matemáticas.

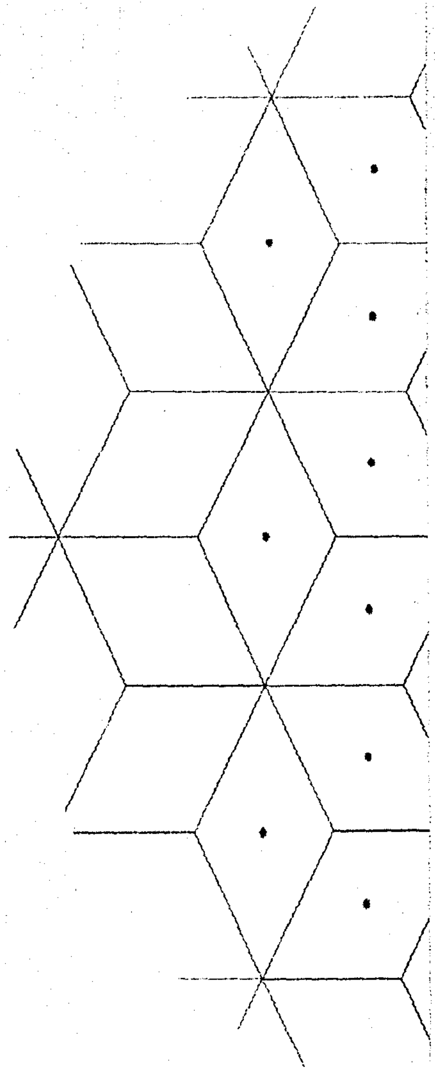
Gnomon. (Ver expansión).

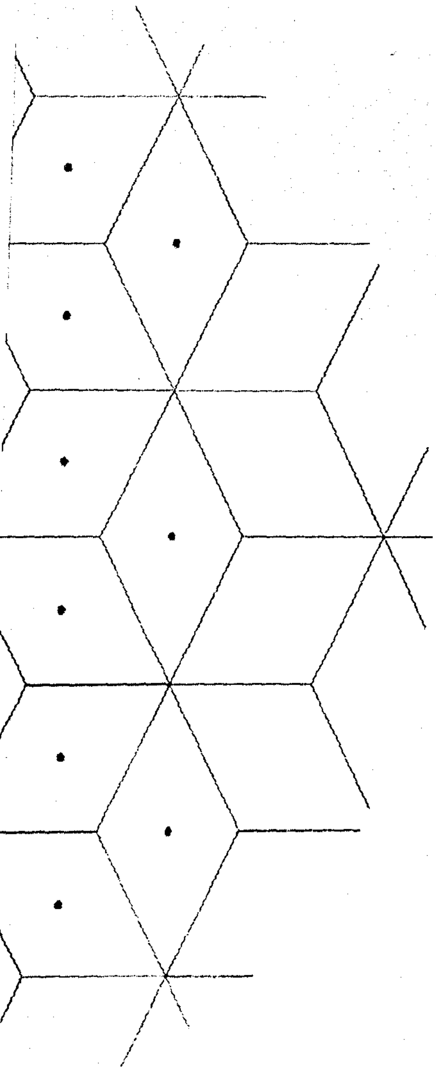
Heptaparaleloedro. Sólido de catorce caras, de las cuales ocho son hexágonos homogéneos y seis son cuadrados.

Heterometría. De modelo y/o medida diferente.

Heterométrico. Sistema en donde los motivos son completamente diferentes entre sí pero tienen alguna relación de afinidad que se presenta al integrarse ordenadamente como una unidad.

Heteromorfo. De forma o apariencia diferente.





Hexaedro. (Ver cubo).

Homeometría. De modelos y/o medidas parecidas o semejantes.

Homeométrico. Sistema en donde los motivos poseen la misma forma y tienen una variación ordenada en su tamaño.

Homeomorfo. De forma o aspecto parecido.

Identidad. Operación de simetría en donde existe un motivo idéntico al original y superpuesto sobre sí mismo.

Isometría. De modelos y/o medidas iguales.

Isométrico. Sistema en donde los motivos poseen la misma forma, el mismo tamaño y están dispuestos de la misma manera lógica unos con respecto de los otros.

Isomorfo. De apariencia o formas iguales.

Malla. Unión sin intersticio de elementos formales desiguales pero afines que es relativamente irregular.

Material didáctico. Elemento educativo básico que sirve de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de cualquier tema.

Mecón. (Ver heptaparaleloedro).

Metamorfosis. Transformación de una cosa en otra.

Módulo. Motivo o unión de motivos que se repite varias veces de manera uniforme en un diseño.

Motivo. Unión de partes elementales que al repetirse ordenadamente o conjugarse con otros motivos similares o diferentes pero afines, da como resultado una conformación, sistema o simetría.

Muestra. Agrupamiento mínimo en donde intervienen varios motivos iguales, semejantes o diferentes pero afines, y que repitiéndolos ordenadamente determinan el total de un sistema o simetría.

Octaedro truncado. (Ver heptaparaleloedro).

Operación compuesta de yuxtaposición. Combinación de algunas o todas las operaciones básicas de yuxtaposición, con lo que se obtiene una simetría más compleja, se desarrolla en tres modalidades: operaciones secuenciales o consecutivas, operaciones simultáneas y operaciones secuenciales con simultáneas.

Operación consecutiva de yuxtaposición. (Ver operación secuencial de yuxtaposición).

Operación de simetría. Resultado de poner un motivo junto a otro de igual forma dándole cierto movimiento.

Operación de transformación simétrica. Aplicación de un proceso de transformación que se ejerce sobre una red determinada, dando lugar a una red diferente pero afín.

Operación de yuxtaposición simétrica. (Ver operación de simetría).

Operación secuencial con operación simultánea de yuxtaposición. Combinación de operaciones secuenciales con operaciones simultáneas, en donde el producto se va sumando y da como resultado un solo motivo compuesto.

Operación secuencial de yuxtaposición. Desarrollos de dos o más operaciones básicas que se presentan uno como consecuencia de otro, en cada una de las acciones que sufre el motivo se puede realizar a la vez única y exclusivamente una de todas las operaciones básicas.

Operación simultánea de yuxtaposición. Desarrollo de dos o más operaciones básicas al mismo tiempo y en una sola acción, en cada uno de los movimientos que sufre el motivo se pueden realizar a la vez varias o todas las operaciones básicas de yuxtaposición dado que actúan como una sola.

Órgano de simetría. (Ver elemento de simetría).

Paralelepípedo. Poliedro de seis caras, todas paralelogramos, siendo las caras opuestas iguales y paralelas dos a dos.

Paralelogramo. Cuadrilátero cuyos lados opuestos son paralelos entre sí.

Parte elemental. Elemento simple que al conjugarse da como resultado una forma o conformación.

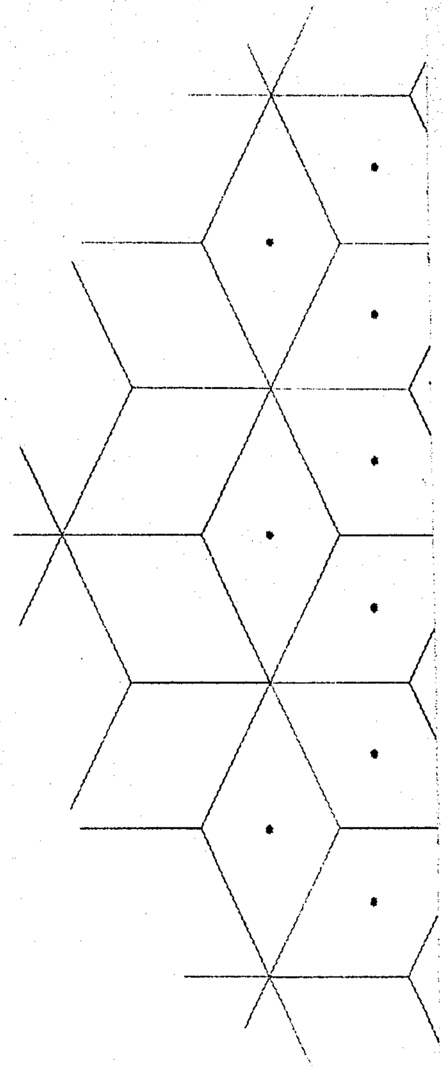
Patrón de formación. Muestra que marca la relación existente entre los módulos componentes de una isometría.

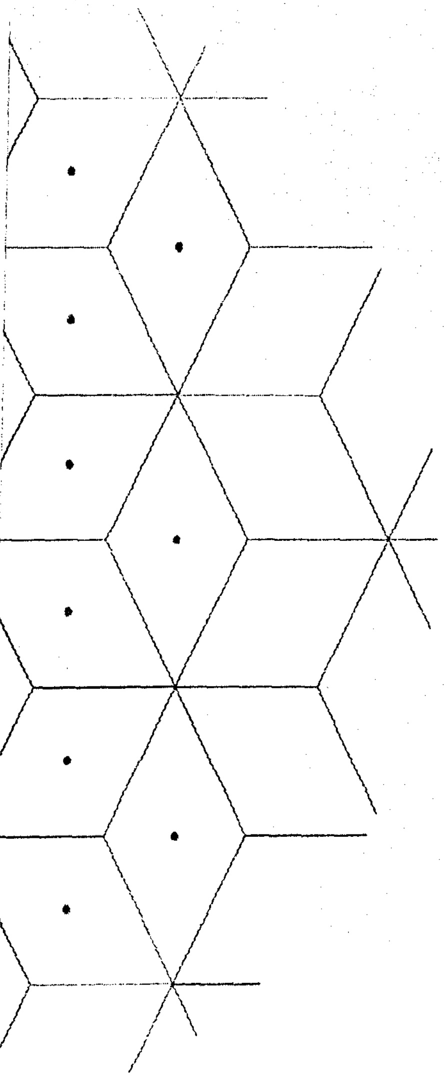
Plano de simetría. Eje que sirve para reflejar, o como directriz de traslación en tres dimensiones.

Poliedro. Cuerpo constituido por varias caras poligonales.

Poliedro de lord Kelvin. (Ver heptaparaleloedro).

Polígono. Superficie integrada por varios lados que forman ángulos.





Pregnancia. Transformación progresiva que se logra a partir de un primer elemento para llegar a formar un segundo elemento diferente.

Prisma. Cuerpo terminado por dos caras planas paralelas e iguales que se llaman bases, y por tanto, paralelogramos cuantos lados tenga cada base.

Punto de simetría. Centro de rotación y sitio de partida para la expansión.

Red. Unión sin intersticio de varios motivos iguales o diferentes pero afines y dispuestos de determinada manera constante; división homogénea de una superficie.

Red de centros indeterminados. (Ver red de centros múltiples).

Red de centros múltiples. Red que tiene infinidad de puntos centrales y que se desarrolla equidistante a partir de un cuerpo original, el cual sirve como base en el momento en que se repite hacia los lados uniforme e infinitamente.

Reflexión. Resultado de la suma de un motivo determinado más el mismo motivo invertido en relación a un eje o plano de reflexión en cualquier dirección. Arreglo formal donde existe correspondencia exacta de la forma a uno y otro lado del eje o plano de reflexión.

Retícula. Unión de elementos formales iguales y repetitivos que están separados uno del otro; unión de motivos isomorfos con intersticio.

Rombododecaedro. Sólido de doce caras rómbicas iguales.

Romboedro. Paralelepípedo cuyas seis caras son rombos iguales.

Rotación. Repetición uniforme y equidistante en movimiento circular, en cualquier dirección pero con un mismo sentido sea cual fuere éste, de un motivo determinado que gira en torno a un punto específico o a lo largo de una directriz de rotación que debe ser siempre circular.

Simetría. Relación lógica y de concordancia que existe entre los elementos que constituyen una unidad. (Ver conformación).

Simetría axial. (Ver reflexión).

Simetría bilateral. (Ver reflexión).

Simetría lineal. (Ver traslación).

Simetría radial. (Ver rotación).

Singenometría. De medida o modelo originado a partir de, o junto a.

Singenométrico. Sistema en donde los motivos van sufriendo una transformación progresiva a partir del motivo original.

Singenomorfo. Forma originada junto a, o a partir de.

Sistema. (Ver conformación).

Suma. Unión de módulos o submódulos que da lugar a un nuevo módulo o supermódulo que se considera una unidad.

Taxonomía formal. (Ver clases de simetría).

Teoría de la simetría. Estudio de los fenómenos morfológicos o comportamiento de los elementos formales o formas, y de las relaciones y modificaciones existentes entre ellas, para lo que son indispensables tres condiciones: que existan varios elementos formales; que entre ellos haya alguna relación de igualdad, semejanza o afinidad; y que tengan un principio de orden, es decir, cierta organización.

Tipo de simetría. (Ver clases de simetría).

Trama. Serie de líneas o puntos en dos o más direcciones con trazos completamente libres, dando diferentes saturaciones se logran distintos tonos.

Traslación. Repetición uniforme y equidistante en movimiento rectilíneo, en cualquier dirección pero con un mismo sentido sea cual fuere éste, de un motivo determinado a lo largo de un eje o directriz de traslación que debe ser siempre recta.

Unidad. Conjunto de varias partes que forman un todo.

BIBLIOGRAFÍA

1. AAVV

   Diccionario enciclopédico Larousse

   Barcelona, España, Planeta Internacional, 1992, 8 vol., 2532 pp.

2. AAVV

   Enciclopedia universal ilustrada europeo americana

   Madrid, España, Espasa-Calpe, 1989, 109 tomos.

3. ANTILLI, A.

   Manual de dibujo geométrico e industrial

   8a. edición, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1953, 161 pp.

4. BONSIEPE, Gui

   Teoría y práctica del diseño industrial: Elementos para una manualística crítica

   Barcelona, España, Gustavo Gili, 1978, 254 pp.

5. COSTA, Joan, Abraham Moles

   Imagen didáctica

   Barcelona, España, CEAC, 1991, 272 pp.

6. CRITCHLOW, Keith

   Orden in Space

   New York, N.Y., U.S.A., A Studio Book, 1965, 120 pp.

7. CROVI, Druetta, Delia María

   Metodología para la producción y evaluación de materiales didácticos

   Bogotá, Colombia, FELAFACS, 1990, 145 pp.

8. DONDIS, D. A.

   Introducción al alfabeto visual

   5a. edición, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1984, 210 pp.

9. ECO, Humberto

   Cómo se hace una tesis

   México, D.F., México, Gedisa, 1990, 267 pp.

10. FABRIS, Germani

Fundamentos del proyecto gráfico

2a. edición, Barcelona, España, Don Bosco, 1973, 228 pp.

11. FREGOSO, Pérez, Miguel Ángel

Auxiliares didácticos: 100 modelos

Guadalajara, Jalisco, México, Edi Gonvill, 199?, 146 pp.

12. FORNARI, Tulio

Las funciones de la forma

México, D.F., México, Tilde, 1989, 127 pp.

13. GERSTNER, Karl

Las formas del color: La interacción de elementos visuales

Madrid, España, Hermann Blume, 1988, 180 pp.

14. GUILLAUME, Paul

Psicología de la forma

Buenos Aires, Argentina, Psique, 1971, 268 pp.

15. KÖHLER, Wolfgang, K. Koffka

Psicología de la forma

3a. edición, Buenos Aires, Argentina, Paidos, 1973, 132 pp.

16. LEOZ, Fundación Rafael

Redes y ritmos espaciales

Madrid, España, Blume, 1969, 358 pp.

17. LINKER, Jerry Mac

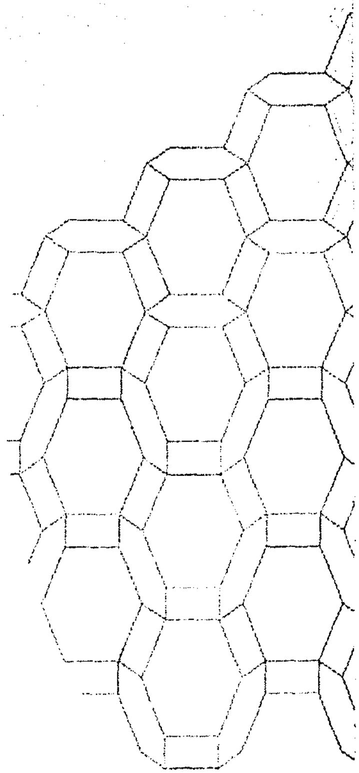
Tableros didácticos en la escuela

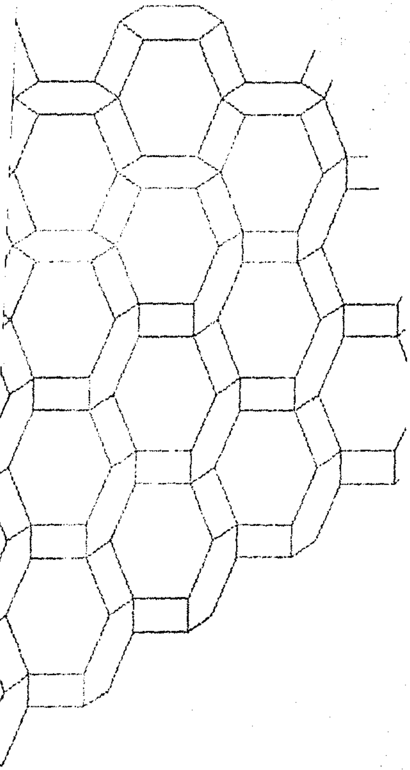
México, D.F., México, Pax-México, 1971, 47 pp.

18. MACGILLAVRY, Caroline H.

Fantasy & Symmetry, The Periodic Drawings of M. C. Escher

New York, N.Y., U.S.A., Harry N. Abrams, Inc., Publishers, 1976, 84 pp.





19. MANGUS, Hugo Günter

Manual para dibujantes e ilustradores: Una guía para el trabajo práctico

2a. edición, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1987, 288 pp.

20. MATEOS, M. Agustín

Compendio de etimologías grecolatinas del español

8a. edición, México, D.F., México, Esfinge, 1974, 408 pp.

21. MOLES, Zeltmann

La comunicación y los mass media, los diccionarios del saber moderno

Bilbao, España, 1975.

22. MÜLLER-BROCKMANN, Josef

Sistemas de retículas: Un manual para diseñadores gráficos

Barcelona, España, Gustavo Gili, 1982, 179 pp.

23. MUNARI, Bruno

Diseño y comunicación visual: Contribución a una metodología didáctica

6a. edición, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1979, 366 pp.

24. NICOLLE, Jacques

La simetría

Buenos Aires, Argentina, Mirasol, 1981, 156 pp.

25. PRECIADO, Cisneros, Miguel y Toral, Gutiérrez, Carlos

Curso de matemáticas

8a. edición, México, D.F., México, Progreso, 1980, 320 pp.

26. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA

Diccionario de la lengua española

20a. edición, Madrid, España, Espasa-Calpe, 1984, 2 vol., 1416 pp.

27. SCOTT, Robert Gillam

Fundamentos del diseño

9a. edición, Buenos Aires, Argentina, Víctor Lero, 1975, 195 pp.

28. SECO, Manuel

Diccionario de dudas y dificultades de la lengua española

2a. edición, Madrid, España, Aguilar, 1986, 533 pp.

29. SHUBNIKOV, A.V.

Symmetry in Science and Art

3a. edición, New York, N.Y., U.S.A., Plenum Press, 1974, 373 pp.

30. TEXAS, University, Visual Instruction Bureau

Técnicas para elaborar material gráfico en la escuela

México, D.F., México, Centro regional de ayuda técnica, 1971, 42 pp.

31. TOSTO, Pablo

La composición áurea en las artes plásticas

3a. edición, Buenos Aires, Argentina, Librería Hachette, 1983, 315 pp.

32. WILLIAMS, Christopher

Los orígenes de la forma

Barcelona, España, Gustavo Gili, 1984, 149 pp.

33. WIMAN, Raymond V.

Material didáctico: Ideas prácticas para su desarrollo

México, D.F., México, Trillas, 1973, 174 pp.

34. WOLF, K. L. y Kuhn, D.

Forma y simetría: Una sistemática de los cuerpos simétricos

3a. edición, Buenos Aires, Argentina, EUDEBA, 1969, 55 pp.

35. WONG, Wucius

Fundamentos del diseño bi- y tri-dimensional

2a. edición, Barcelona, España, Gustavo Gili, 1981, 205 pp.

36. WRIGHT, Lawrence

Tratados de perspectiva

Barcelona, España, Stylos, 1985, 406 pp.