

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Arquitectura

Taller Ehécatl 21



ESTUDIO DE LAS OPERACIONES DE SIMETRÍA EN LA ARQUITECTURA DE MITLA

Tesis que para obtener
el título de Arquitecta presenta:

María de Lourdes Zambrano Ruiz

Jurado:

Dr. en Arq. Tomás García Salgado
Arq. Hugo Porras Ruiz
M. en Arq. Francisco Reyna Gómez

Director de la Tesis

07 de Junio del 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mi hija Sofía,
a mi esposo Gilberto y
a mi Madre

Agradecimientos

A Dios, por permitirme estar aquí,
A mi hija Sofía, a quien le dedico mi trabajo
a mi esposo Gilberto, por el apoyo que tengo a su lado
a mis Padres Dora Elena y Julio César, por todos mis logros ,
a mi Tía Tita por su apoyo incondicional en todo momento,
a mi hermano Joaquín por sus conocimientos y consejos,
a toda mi familia: abuelitos, tíos, primos y suegros
y en especial al Director de mi Tesis,
el Dr. Tomás Garía Salgado por su enseñanza, orientación y apoyo
para realizar la presente tesis.

Indice

Prólogo	7
Introducción al Objeto de Estudio y a sus Antecedentes Históricos	9
Ubicación histórica	9
Ubicación geográfica	10
I	11
El estudio de las operaciones de simetría y de los frisos	
Las siete operaciones de simetría para frisos	15
II	17
El estudio de los frisos en Mitla	
Ejes de composición y ángulos	18
Hipótesis de investigación.	21
Formulario de preguntas para elaborar las hipótesis.	22
Material de las estructuras (edificios)	23
Sistema constructivo	23
III	23
Análisis Constructivo de las estructuras y de los frisos	
Material de los frisos	25
Sistema constructivo de los frisos	25
IV	31
Clasificación de los Frisos de Mitla por los Grupos de Simetría en Friso	
Familias de los grupos de simetría en friso	31
El estudio de las operaciones de simetría de friso en la arquitectura de Mitla	31
Conclusiones	73
Bibliografía Consultada	75
ANEXO FOTOGRAFICO	77

Prólogo

El proyecto de investigación desarrollado en este trabajo de tesis tiene como tema central las operaciones de simetría en la arquitectura de Mitla. Sus resultados, a partir del vínculo entre el conocimiento actual de la geometría y la arquitectura mesoamericana, pueden aprovecharse en el diseño de fachadas y pavimentos o en la restauración de monumentos arqueológicos.

Las hipótesis en que se sustenta el desarrollo de mi tesis, se basaron en la composición geométrica de los paneles (frisos) de dos edificios principales del conjunto arquitectónico de Mitla: uno que se denomina “el de las columnas” y otro que se identifica como “el del grupo de la iglesia”.

Para determinar las operaciones de simetría en frisos y planos nos apoyaremos en principios y definiciones con ejemplos que permitan su comprensión, hasta analizar los frisos de Mitla y sus aplicaciones posibles en la actualidad.

Con el fin de establecer una clasificación de los frisos se analizarán los patrones y el sistema constructivo, agrupándolos en familias o grupos correspondientes al de las operaciones de simetría.

El tema de la arquitectura de Mitla aparece en cada sección de este trabajo de investigación, con un apartado especial que presenta sus antecedentes históricos y características geográficas.

Es importante señalar que si bien este trabajo produjo su propio material, como trazos de dibujos, fotografías del sitio tomadas ex profeso o ensayos y esbozos teóricos generados dentro del seminario, también se contó con la asesoría imprescindible del Maestro Francisco Reyna, especialista en el área de tecnología de la maestría en Arquitectura, además de la lectura de diversos artículos sobre el tema de las operaciones de simetría.

El deseo que anima al breve texto que ahora sintetiza todo

el trabajo requerido para la conclusión de esta tesis, cuyo interés se suscitó al realizar mi servicio social y se afirmó durante mi pequeña labor como ayudante del Sistema Nacional de Investigación, bajo la dirección del Dr. Tomás García-Salgado, es el de resultar útil a otros estudiantes en la comprensión de la geometría y la arquitectura mesoamericana, así como el de contribuir en las tareas arquitectónicas de diseño y restauración.

Introducción al Objeto de Estudio y a sus Antecedentes Históricos

Ubicación histórica

Las fuentes bibliográficas señalan que la ciudad de Mitla fue habitada aproximadamente en el año 500 a.C. (sus primeras construcciones datan del año 200 d.C.) por la cultura zapoteca. Probablemente en su etapa inicial Mitla desarrolló una ejecución geométrica exacta en la construcción y composición de sus edificios, y en el transcurso del tiempo ésta se fue perfeccionando. Actualmente, en los diversos frisos que envuelven sus fachadas se aprecian estos conocimientos geométricos (ver figura 1).



Fig. 1

Según la tradición oral, se dice que hacia el año de 1494 los aztecas saquearon y “conquistaron” la ciudad de Mitla, y posteriormente, Mitla sufrió otro saqueo semejante por parte de los españoles, que destruyó parcialmente los edificios y marcó el final de la cultura mixtecozapoteca. Los edificios, uno a uno, fueron desmantelados, incendiados y destruidos; prueba de ello es el estado actual de los edificios desmantelados, a pesar de las remodelaciones que se han realizado (ver figura 2). Parte del material sirvió para la construcción de la iglesia, empezada en 1617 y concluida 300 años después, que actualmente se encuentra desplantada sobre el edificio C del llamado conjunto de la iglesia (ver figura 3).



Fig. 2



Fig. 3

En el año de 1901, Leopoldo Batres consiguió detener el desmantelamiento de la ciudad y proteger los edificios restantes.

Se dice (por tradición oral) que la ciudad de Mitla debió su gran riqueza cultural a la influencia de dos culturas: la zapoteca y la mixteca, cuya confluencia tuvo como origen el matrimonio de la hija del rey zapoteco Josijoesa con el hijo del rey mixteco Zaachila¹. Sin embargo, la arquitectura de Mitla tiene su raíz en la cultura zapoteca, aunque se hayan encontrado indicios de la cultura mixteca, especialmente en las pinturas que se aprecian en los vanos de las estructuras

o de los edificios (ver figura 4), de modo que en la arquitectura de Mitla se advierte la presencia de ambas culturas: la zapoteca y la

¹ *Vox Populli*



Fig. 4

con los rasgos de un estilo mixteca primitivo que corresponde a las dinastías primera y segunda de príncipes mixtecos registrados para Tilantongo en los manuscritos genealógicos. Establecida esta posición cronológica, las estructuras de patio de Mitla, con los paneles de piedra en mosaico sobre sus fachadas, son coetáneas de los edificios análogos en la zona Puuc, en Yucatán, en Uxmal, Cava y Zavil, así como de los edificios de Xochicalco y Tajín chico. Esto quiere decir que en cuanto a conocimientos geométricos, estas ciudades también tenían un desarrollo importante.

Los edificios cuadrangulares de Yagul se parecen al grupo del arroyo en Mitla, en una forma primitiva pero planeada. La calidad de los mosaicos de Yagul es menos exacta (ver anexo fotográfico, fotografías de 247 a 268). En Mitla no se ha podido establecer de forma indudable la secuencia cronológica de los tres edificios; sin embargo, probablemente la evolución de los patrones de grecas nos puede dar una idea de una secuencia diferente en cada cuadrángulo

La raíz del nombre de Mitla se deriva de la palabra náhuatl Mictlán que significa Lugar de los Muertos, y en lengua zapoteca es Lyobaa¹, “lugar de descanso”. La definición de Adela Fernández en su Diccionario ritual de voces nahuas señala, en efecto, que el Mictlán era una estructura cósmica compuesta por nueve cielos verticales y descendentes bajo la tierra: 1) Apanohuaia o Itzcuintlan, donde está

mixteca.

Según Kubler, se alude por primera vez a los palacios de Mitla en el año de 1580 — por una tradición oral— y tenían entonces unos 800 años de antigüedad (siglo VIII). La hipótesis de Kubler plantea que el arte de Mitla y Yagul pudo desarrollarse en un periodo de unos 300 años (del siglo VIII al XI),

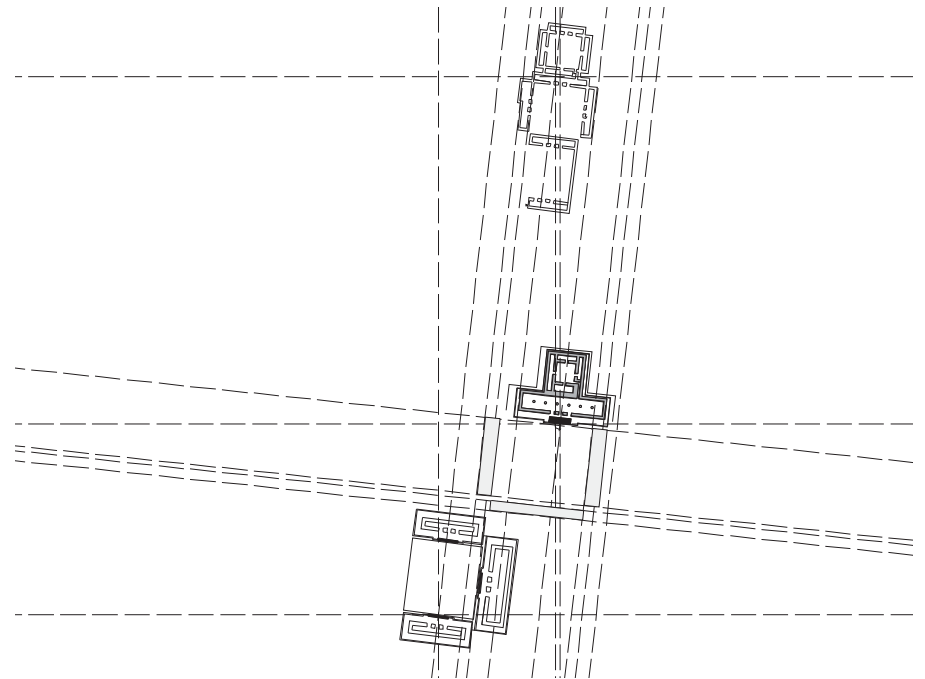
el río caudaloso y los muertos lo cruzan sobre el lomo de un perro; 2) Tepectli Monamictlan, el lugar donde los cerros chocan entre sí; 3) Iztepetl, el cerro de navajas; 4) Izteecayan, donde sopla el viento de navajas; 5) Paniecatacoyan, donde los cuerpos flotan como banderas²...

Ubicación geográfica

Actualmente la ubicación geográfica de Mitla se localiza en el poblado de San Pablo Villa de Mitla, en el límite oriental de los valles centrales de Oaxaca (Valle de Tlacolula) a aproximadamente 43 km al este de la capital del estado de Oaxaca; sus referencias geográficas son: 16° 55' de latitud norte y 96° 24' longitud oeste.

La ciudad de Mitla tiene un área de aproximadamente 48 000 m².

Fig. 5



² Adela Fernández, Diccionario ritual de voces nahuas, México, Panorama, 1985, pp. 70-71.

¹ <http://www.geocities.com/atlantis01mx/oaxaca/mitla.htm>

El estudio de las operaciones de simetría y de los frisos

El estudio de las operaciones de simetría se remonta a más de dos milenios atrás, y se fue desarrollando en el curso del tiempo hasta formalizarse dentro del campo de la geometría, las matemáticas y la arquitectura en el siglo XIX.

De acuerdo con David E. Joyce, la clasificación de patrones comenzó hace dos milenios y medio con Pitágoras, quien planteaba la existencia de cinco sólidos regulares: el tetraedro, el cubo, el octaedro, el dodecaedro y el icosaedro; noción que después extendió Arquímedes al formular los sólidos ahora llamados “arquímedeanos”, tales como los sólidos de los pentágonos y hexágonos usados para los balones de fútbol. Posteriormente, Johannes Kepler halló otros sólidos regulares y una importante trama regular del plano¹.

No obstante, el estudio de las operaciones de simetría se desarrolló formalmente a partir del siglo XIX, cuando se inició la clasificación de planos, tramas espaciales y patrones con las investigaciones científicas de Johan Friedrich Hessel, en 1830; Axel Gadolin, en 1871; Pierre Curie, en 1884, y Camille Jordan, en 1867, quien descubrió 16 de los 17 entramados de los grupos de simetría. A finales del siglo XIX Fedorov, Schoenflies y Barlow clasificaron los 17 grupos de simetría cristalográficos de dos dimensiones y 320 grupos cristalográficos de tres dimensiones².

Actualmente, se estudian 17 operaciones de simetría para plano, agrupadas por familias, las cuales pueden contener, así sea el caso: reflexiones, reflexiones deslizadas, rotaciones y, en todos los casos,

traslaciones.

Asimismo, se han estudiado siete operaciones para frisos; mucho más sencillas, pues no están diseñadas para generar planos extensos ni desarrollar tramas, por lo cual solamente contienen reflexiones, rotaciones y traslaciones horizontales.

Por tanto, los movimientos en los planos —tales como las traslaciones, rotaciones, reflexiones deslizadas y reflexiones— son más complejos en las operaciones de simetría para plano que para las de friso³.

La siguiente tabla resumen (interpretada de la original por el Dr. García-Salgado) se encuentra organizada por familia, representa la región fundamental que genera una trama en plano.

En la tabla 1 se resumen las 17 operaciones, cuya nomenclatura, determinada por los teóricos cristalógrafos, es la siguiente:

- p: primitivo (primitive)
- m: reflexión (mirror)
- g: deslizamiento (glide)
- c: centrado (centered)

³ Para profundizar en el tema se podrá consultar el libro de Tomás García-Salgado, *Notas sobre Teoría del Diseño Arquitectónico*, México, UNAM, 2007, que se encuentra en prensa, así como la tesis de Rosa Elba Hernández Romo, *Estudio de las 17 operaciones de simetría, algunos ejemplos en arquitectura y entramados decorativos*, México, F.A UNAM 2006.

¹ Hay tres tramas regulares, una de triángulos, una cuadrada y una de hexágonos. Sin embargo, también existen muchas tramas regulares análogas a los sólidos de Arquímedes.

² <http://www.clarku.edu/~djoyce/wallpaper/history.html>

Tabla de los grupos de simetría

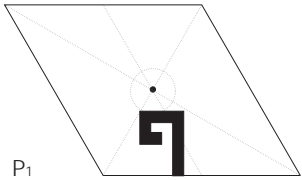
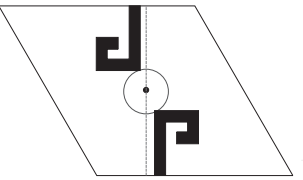
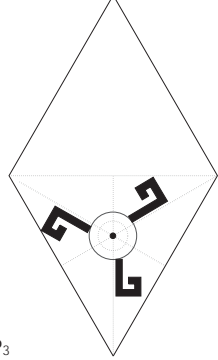
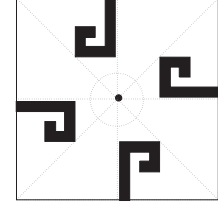
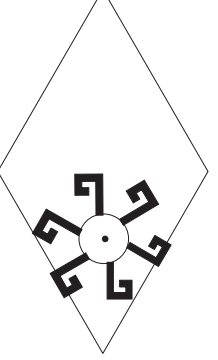
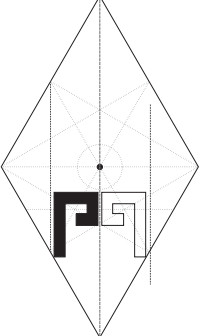
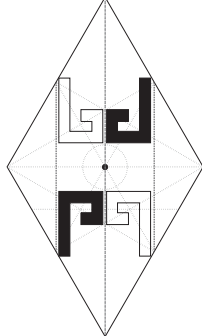
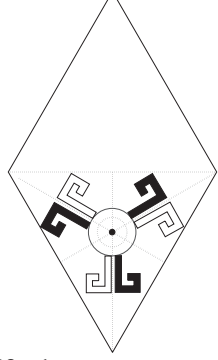
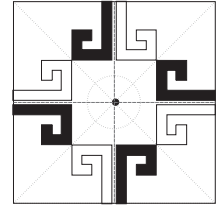
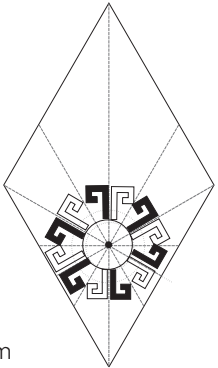
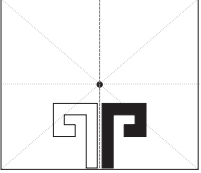
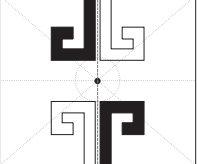
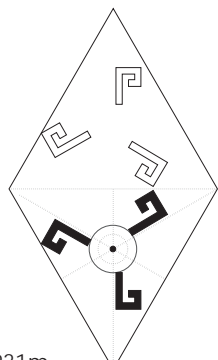
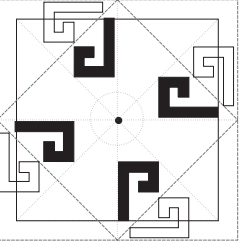
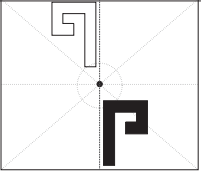
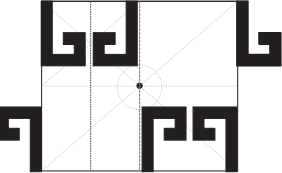
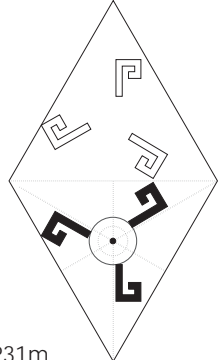
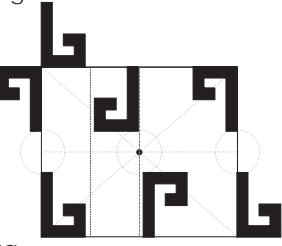

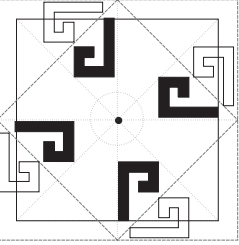
Rotación de 360° solamente					
					
					
					
					
	Rotación de 180° y 360° solamente	Rotación de 120° y 360°	Rotación de 90°, 180° y 360°	Rotación de 60°, 120°, 180° y 360°	

Tabla retomada e interpretada de acuerdo al autor TGS

Fig 6. Tabla Resumen 1

Los grupos de simetría se encuentran organizados con base en cinco planos generadores de tramas, cuyos patrones geométricos son el cuadrado, rectángulo, rombo, rectángulo centrado y paralelogramo. A continuación se describen brevemente estas 17 operaciones de simetría.

Simetría grupo 1 (p1).

Es el grupo más simple de las operaciones de simetría y sólo consta de traslaciones.

Simetría grupo 2 (p2).

Este grupo difiere del primero porque contiene rotaciones de 180° ; esto es, rotaciones de orden 2.

Simetría grupo 3 (pm).

Éste es el primer grupo con reflexiones. Los ejes de reflexión son paralelos a un eje de traslación y perpendiculares al otro eje; no hay rotaciones ni reflexiones deslizadas.

Simetría grupo 4 (pg).

Éste es el primer grupo con reflexiones deslizadas. La dirección de la reflexión deslizada es paralela a uno de los ejes de traslación y perpendicular al otro; no hay rotaciones ni reflexiones.

Simetría grupo 5 (cm).

Este grupo contiene reflexiones y reflexiones deslizadas con ejes paralelos; no hay rotaciones en este grupo.

Simetría grupo 6 (pmm).

Este grupo contiene ejes perpendiculares de reflexión. No hay reflexiones deslizadas ni rotaciones.

Simetría grupo 7 (pmg).

Este grupo contiene tanto reflexión como rotación de orden 2. Los centros de las rotaciones no posan sobre los ejes de reflexión.

Simetría grupo 8 (pgg).

Este grupo no contiene reflexiones pero sí reflexiones deslizadas y medias vueltas.

Simetría grupo 9 (cmm).

Este grupo presenta ejes perpendiculares de reflexión, así como rotaciones de orden 2.

Simetría grupo 10 (p4).

Éste es el primer grupo con rotación de 90° ; esto es, rotación de orden 4. También contiene rotaciones de orden 2.

Simetría grupo 11 (p4m).

Este grupo difiere del 10 (p4) porque tiene reflexiones. Los ejes de reflexión están inclinados a 45° , de tal manera que los 4 ejes de reflexión pasan a través de los centros de las rotaciones de orden 4.

Simetría grupo 12 (p4g).

Este grupo también contiene reflexiones y rotaciones de orden 2 y 4, pero los ejes de reflexión son perpendiculares y ninguno de los centros de rotación pasa sobre los ejes de reflexión.

Simetría grupo 13 (p3).

Éste es el grupo más simple con rotación de 120° , esto es, una rotación de orden 3, y el primero cuya trama es hexagonal.

Simetría grupo 14 (p31m).

Este grupo contiene reflexiones (cuyos ejes están inclinados a 60° uno del otro) y rotaciones de orden 3.

Simetría grupo 15 (p3m1).

Este grupo es similar al anterior en las reflexiones y rotaciones de orden 3.

Simetría grupo 16 (p6).

Este grupo contiene rotaciones de 60° , esto es, rotaciones de orden 6.

Simetría grupo 17 (p6m).

Éste es el grupo más complicado; presenta rotaciones de orden 2, 3 y 6, así como reflexiones.

Trama Generada

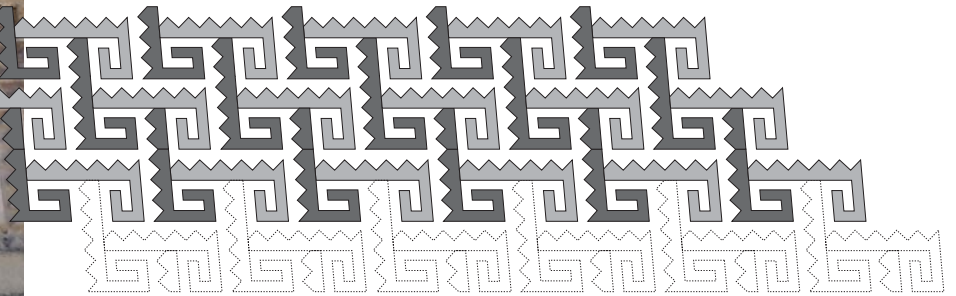
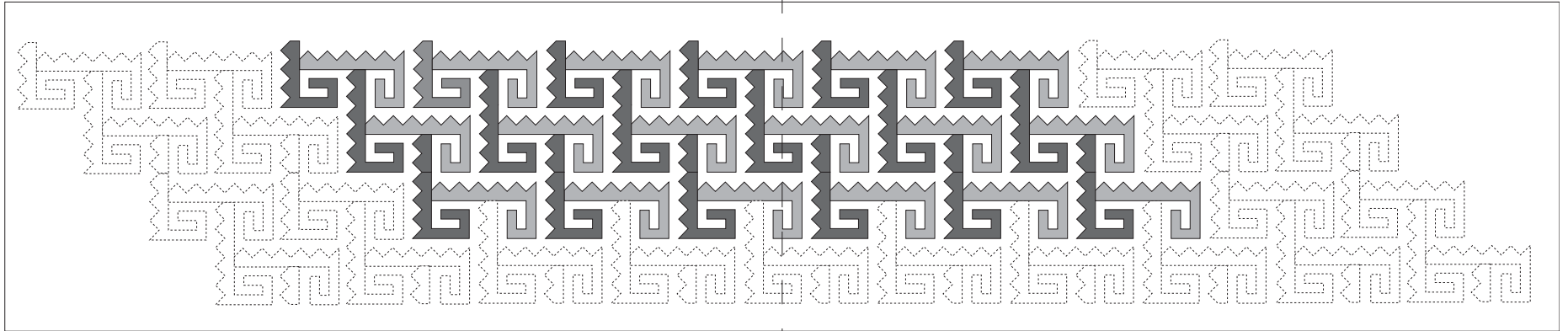


Fig 7.

Este panel es uno de los más complejos en su diseño, la imagen muestra el posible desarrollo del diseño cuando tiende al infinito, abajo está la fotografía del panel, más adelante se clasificará dentro del estudio de las operaciones de simetría en friso.

El diseño de este panel tiene principios de plano. Probablemente los arquitectos de Mitla poseían un avanzado conocimiento matemático que pudo haberse desarrollado a través del tiempo.

Pero la relación entre este análisis y las definiciones matemáticas actuales se puede establecer por medio del primer paso hacia una metodología, que es la observación. Los diseños partían de este primer paso, para después experimentar.

Las siete operaciones de simetría para frisos

De acuerdo con estudios matemáticos de los patrones de simetría, únicamente existen siete tipos de frisos, que provienen de las 17 operaciones de simetría.

Los grupos de frisos poseen un patrón de simetría, es decir, un patrón geométrico con propiedades que forman el diseño del friso; estos grupos están presentes en arquitectura, en el arte decorativo, en el diseño de pavimentos y fachadas (de ahí parte el tema de esta tesis, el estudio de los grupos de frisos en la arquitectura de Mitla). Pero en términos matemáticos, únicamente existen siete grupos de friso que clasifican diseños en superficies bidimensionales, con la propiedad en todos los casos de repetirse infinitamente. Así, los grupos de friso están relacionados con los grupos de trama más complejos (como el desarrollo de las operaciones de simetría para plano), los cuales clasifican patrones que son repetitivos en dos direcciones.

Como en los grupos de plano, a menudo un grupo de friso es visualizado por un simple patrón periódico en la categoría correspondiente.

Un grupo de friso es una clase de grupos de simetría infinito discreto para patrones de rectángulos que nunca terminan, es decir, anchos infinitos que hipotéticamente siempre van a continuar (en la figura 1 se puede observar esta propiedad mediante el friso y su posible desarrollo).

Un grupo de simetría de un grupo de frisos necesariamente contiene traslaciones y puede contener también reflexiones deslizadas. Otros posibles elementos del grupo son las reflexiones sobre el eje largo del rectángulo infinito (*strip*). Al respecto, al analizar los frisos de Mitla, los paneles tienden a satisfacer esta propiedad, es decir, el diseño tiende a extenderse al infinito; sin embargo, el diseño es limitado por la construcción de la fachada (ver figura 7), las reflexiones a lo largo del otro eje del rectángulo y las rotaciones de 180° .

Un grupo de simetría en los grupos de frisos 2 o 6 forma un subgrupo de un grupo de simetría en el último grupo de frisos con la mitad de la distancia de traslación. Este último grupo de frisos contiene los grupos de simetría de patrones periódicos más simples en el rectángulo infinito (*strip*) o en el plano, una línea de puntos.

Matemáticamente, esto es $(x,y) \rightarrow (n+x,y)$, seguido opcionalmente de una reflexión en cualquiera de los ejes horizontales, $(x,y) \rightarrow (x,-y)$, o del eje vertical, $(x,y) \rightarrow (-x,y)$, teniendo en cuenta que este eje se ha escogido a través o a la mitad de distancia entre dos puntos, o una rotación de 180° , $(x,y) \rightarrow (-x,-y)$ ⁴. Por consiguiente, de alguna forma, este grupo de frisos contiene los grupos de simetría más grande, que consiste en todas esas transformaciones.

La inclusión de la condición de discreto tiene como fin excluir el grupo que contiene todas las traslaciones, así como grupos que contienen arbitrariamente traslaciones pequeñas (por ejemplo, el grupo de traslaciones horizontales por distancias racionales).

En resumen, las siete operaciones de simetría corresponden a las siete series infinitas de los puntos de grupos tridimensionales. A continuación se enlistan las definiciones breves de cada grupo de la simetría de frisos⁵:

Grupo 1

En este grupo solamente existen traslaciones.

Grupo 2

Este grupo contiene, además de traslaciones, reflexiones deslizadas.

Grupo 3

En este grupo, además de traslaciones, existe la reflexión en el eje horizontal y la reflexión deslizada.

Grupo 4

Solamente existen en este grupo, las traslaciones y las reflexiones.

Grupo 5

Este grupo contiene traslaciones y rotaciones de 180° .

Grupo 6

Este grupo contiene los cuatro movimientos del plano, es decir, reflexiones, reflexiones deslizadas, traslaciones y rotaciones.

Grupo 7

Este grupo es el más complejo, puesto que aquí existen traslaciones, reflexiones deslizadas, reflexiones a ambos ejes y rotaciones de 180° .

⁴ Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Frieze_group

⁵ *Idem*.



El estudio de los frisos en Mitla

El concepto de friso, de acuerdo con el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española dice que, un friso es una: “Faja más o menos ancha que suele pintarse en la parte inferior de las paredes, de diverso color que estas. También puede ser de seda, estera de junco, papel pintado, azulejos, mármol, etc”, otra definición dada por el diccionario de Wikipedia nos dice que Friso en arquitectura es la parte ancha de la sección central de un entablamento, que puede ser lisa o (en los órdenes jónico y corintio) estar decorada con bajorrelieves. En una pared sin columnas queda sobre el arquitrabe (‘viga principal’) y queda cubierto por las molduras de la cornisa. Se llama pulvino al friso de sección convexa. Estos frisos fueron característicos del manierismo nórdico del siglo XVI, especialmente en la arquitectura de interiores y el mobiliario.

En espacios interiores, el friso de una habitación es la parte de la pared sobre la moldura para cuadros y bajo las molduras del techo o la cornisa. Por extensión, un friso es una larga banda decorativa pintada, esculpida o incluso caligrafiada en ese lugar, por encima del nivel de los ojos. Los frisos decorativos pueden representar escenas en una secuencia de paneles separados. El material del que se fabrica el friso puede ser escayola, madera tallada o algún otro medio decorativo.

Es decir, el concepto de friso en general como tal existe, sin embargo, para situarse en este estudio se puede decir que un friso es un tablero decorativo diseñado con simetrías.

Ahora bien el estudio de los frisos en Mitla se sustenta en la idea de que los arquitectos de esta ciudad eran geómetras matemáticos muy avanzados, los cuales tenían una percepción visual desarrollada y probablemente aplicaban principios de proporción, armonía y simetría en la configuración de sus edificios y de su ciudad. En la arquitectura de Mitla, las estructuras contienen en sus fachadas paneles o frisos que

muestran el principio de un camino largo para este estudio; en cada uno de sus edificios se observan, grabados o dispuestos en motivos, los frisos en que se apoya la argumentación de las hipótesis o las afirmaciones generadas.

El desarrollo de esta sección se enfocará hacia el estudio de la geometría y de la matemática que habían alcanzado los arquitectos en Mitla, a partir del examen de sus frisos o paneles que contienen los diferentes diseños de motivos, y que se ampliará con lo expuesto en el capítulo anterior.

Para describir el análisis de dos edificios: el del grupo de la iglesia y el de las columnas (denominados así), se comenzará por analizar las fotografías (tomadas en sitio) en detalle de los paneles de estos edificios; posteriormente, en otra sección, se analizará y clasificará en grupos el trazo geométrico de los motivos.



Fig.8



Fig.9

El diseño de este panel con el motivo de la “serpiente” tiene otra variación en el diseño, El detalle distinto en cada una es el número de los elementos triángulos que aquí en la fotografía de arriba son 4 y las de abajo son 3, corresponden al edificio de las columnas y al grupo de la iglesia respectivamente.

Ejes de composición y ángulos

Como un primer acercamiento a este tema se analizó dos de las características importantes que presentaba el diseño de los frisos y de la configuración de las fachadas: los ejes de composición y los ángulos. Se observó que en muchos de los casos los ejes de composición se aproximaban a ángulos de 30, 45, 60, 90 y 180 grados, y la disposición de estos ejes generaba patrones geométricos como el cuadrado, rectángulo, rombo, triángulo, paralelogramos, al respecto se puede decir que posiblemente los constructores de esta ciudad manejaban principios geométricos o al menos había un intento de aproximación, y no solo eso, probablemente aplicaban tales principios de manera compleja, generando movimientos en planos y bandas, en las cuales existían traslaciones, rotaciones, deslizamientos, sin embargo, no en todos los casos se daba un movimiento en plano, en el mayor número sólo existen traslaciones horizontales, rotaciones, reflexiones, pero no traslaciones verticales o inclinadas, todo esto se pudo constatar al momento de que se realizó la calca de la imagen de la fotografía y se hizo el trazo que generó el diseño de algún motivo, estableciendo un eje de composición X, el cual se uso de referencia para trazar los demás ángulos y generar el patrón geométrico base para ese motivo, comprobando de esta manera la aproximación de los ángulos. *Ver figura 8.*

Tal observación podrá acercarnos a la idea de cómo pudo realizarse el trazo del diseño del motivo, esta idea se ampliará mas adelante en el capítulo de las hipótesis a cerca de el sistema constructivo de los frisos.

Por ejemplo, en la siguiente fotografía, se muestra que las piezas están cortadas e incrustadas (aproximadamente en los ángulos de 30, 60, 90 y 45 grados). El friso tiene ejes de composición donde se van colocando cada una de las piezas, es necesario señalar que el diseño de un mismo friso tiene variaciones que se presentan en otro friso del mismo motivo. *Ver figura 8 y 9*

Retomando el tema de la aproximación a los ángulos, algunas piezas no coinciden en ejes a ángulos exactos, éstas se encuentran en la parte superior dispuestas con un número de pieza en 3 y 4 (*ver fig. 8 y 9*), sin embargo hay concordancia geométrica entre las piezas. Estas

se encuentran colocadas en distancias y dimensiones proporcionadas, esto permite la aplicación de la operación de simetría en friso y la formación de todo el diseño de grecas. Como otra observación existe una transición entre la banda en friso y el plano, generándose una trama en friso. Los ejes varían entre 16 líneas, 17, 13 y 24, dependiendo de la composición de friso, sin embargo se encuentran más frecuentes las 16 líneas, donde posiblemente exista una relación para el diseño final de la greca. *Ver figura 9.*

Los frisos no solamente muestran principios de composición geométrica en banda, muestran también un diseño en plano, a doble banda y muchos de ellos presentan una transición entre friso y el plano.

Lo anterior descrito deriva la clasificación de los frisos en sus diseños de motivos, siguiendo un orden basados en agrupaciones o en familias, con esto el estudio de la operaciones de simetría en friso serán determinantes para una mejor interpretación del análisis geométrico de cada uno de los motivos dispuestos en fachadas, es importante señalar que la clasificación para los frisos estarán sustentados en las investigaciones científicas de las operaciones de simetría, es decir, la mayoría de las grecas presenta la operación de simetría para frisos tg , algunos a doble banda, otros a una sola, e incluso son el principio del plano pg .

Fig.10
En la fotografía se muestra que en la parte superior del friso existe la pieza de más. Este friso pertenece al edificio de las columnas, fachada exterior.



Fig. 11



Fig. 12



Fig. 13



Fig. 14



Fig. 10

Hipótesis de investigación.

Las siguientes hipótesis en que se sustenta el desarrollo de mi tesis, fueron planteadas por el doctor Tomás García Salgado y desarrolladas por mí, lo que nos permitió identificar las operaciones de simetría presentes en los frisos de Mitla.

Resulta de interés estudiar a fondo los trazos de ejecución de los frisos y plantearse la posibilidad de una fabricación de los propios instrumentos de trazo, como escuadras o compás, por ejemplo, análogamente a lo que se encontró en Teotihuacan: un círculo inscrito en otro círculo, donde el diámetro del círculo menor era el radio del círculo mayor. Esto supone un conocimiento avanzado en el trazo, incluso el uso de principios de modulación tales como el conocimiento de algún tipo de escantilloneo. Los arquitectos de Mitla quizá hayan tenido un margen de error, aunque pudieron utilizar algún sistema por tanteo y un trazado geométrico de la simetría en sitio.

Es probable también que entre las restauraciones que se han hecho de los edificios (caso específico, el de las columnas) haya habido una equivocación en el manejo de piezas para la reconstrucción de los motivos. Así, en el caso específico de uno de los frisos, la configuración muestra una pieza de más (ver figura 10), la disposición y la colocación de las piezas genera el rompimiento de la simetría en la composición final del friso, si bien es cierto que en algunos casos se han encontrado piezas que aumentan en el diseño de un friso (como en el caso del friso que se muestra en la figura 12); sin embargo, forman parte de su misma simetría, es decir, se corresponden al estudiar la operación de simetría en friso. Pero la diferencia que se observa entre estos dos frisos consiste en que, en el primer caso (Figura 10), todos los frisos pertenecientes a un mismo grupo contienen el mismo número de piezas, dispuestas de una misma forma, excepto en este panel. En el otro caso, todas poseen una composición idéntica en su geometría, aunque exista esta pieza de más (ver figura 8 y 9). Por ello, una de las posibles aplicaciones de este estudio es la adquisición de un nuevo conocimiento para la correcta ejecución de restauraciones de edificios arqueológicos, como es el caso de la arquitectura de Mitla.

Para el diseño del panel debió existir algún método de experimentación previo y de trazo en sitio. El trazo en sitio pudo

haberse hecho por hiladas o un sistema de hilos. Si los arquitectos de Mitla basaron su sistema de ejecución en un programa experimental previo, probablemente trabajaron sobre una réplica del tablero en piedra, lo cual permitía contar con un ensayo antes de ejecutar la obra y alcanzar así mayor exactitud en el resultado final.

En el caso específico de la aplicación del trazo en sitio, se observa que en muchos de los paneles de Mitla existe una tendencia a dejar la pieza completa cuando la habitación está en escuadra y la pieza cae al filo, de lo cual se infiere que hubo una corrección de la piedra por necesidad constructiva, poniendo como base una hilada y desplantando las demás piezas.

No obstante como planteamiento de otra hipótesis, tal vez los arquitectos de Mitla utilizaron el labrado como un tipo de ejecución forzada por alguna razón. Tal sería el caso de los frisos que se encuentran sobre un vano (en los dinteles para ser específicos), que tuvieron que ser esculpidos para salvar un claro, por ejemplo. Sin embargo, la pregunta que implica tal hipótesis sería ésta: ¿por qué se esculpió sólo en esta situación y no en el resto de los paneles encontrados en Mitla? La respuesta sería relativamente sencilla, pues quizá era más complicado ejecutar el trabajo cinceleando los paneles que limitarse a cortar la pieza y pegarla.

Formulario de preguntas para elaborar las hipótesis.

El siguiente planteamiento de preguntas fue la base para formular las hipótesis que existen en esta sección. Las cuáles son muy importantes pues son el arranque para el desarrollo de otra tesis.

1. ¿Cuál eran los términos adecuados (en náhuatl) para nombrar a las estructuras y los espacios arquitectónicos de Mitla?

Debido a que los términos arquitectónicos que se buscan son muchos, eso formaría parte de una siguiente tesis, así que los siguientes fueron los que se encontraron y generalizaron.

Estructura arquitectónica: calmiquiztetl⁶

espacio: apitzalli, tlacauhtli

espacio exterior: ilhuicalli

2. Razón por la cual se explica la orientación de las estructuras, en Teotihuacán ¿a qué obedece la orientación de las pirámides del Sol y de la Luna?.

Existen dos hipótesis acerca de esta orientación, una de ellas apunta que las pirámides estaban dirigidas hacia la cueva sagrada; la otra plantea que se orientaban hacia la puesta de las Pléyades, al respecto de esto último mencionado, se pidió la consulta del arqueólogo astrónomo Jesús Galindo, quien descartó la idea de las pléyades, puesto que su orientación siempre es variable y cambia conforme a las estaciones y los años, habiendo una variación en los grados de la ubicación de éstas mismas.

3. ¿Qué patrón geométrico tiene en común la arquitectura de Uxmal, Chichén Itzá, etc., con Mitla, para la composición arquitectónica en fachadas? ¿Por qué?

El motivo de la greca escalonada y sus derivaciones, es decir, el manejo de patrones, la formación de los frisos y la posible aplicación de las operaciones de simetría en el diseño de estos.

4. Geometría general (conjunto) de cada uno de los cuerpos de la ornamentación.

El manejo en la planta arquitectónica es generada por simetría, teniendo ejes centrales para su formación.

5. ¿Cómo se llamaba al sacerdote y al rey en la lengua de la región?

sacerdote: teopixqui

sacerdotes: teopixque

rey: hueytlahotani, tlahotani

⁶ <http://aulex.ohui.net/nah-es/>



Análisis Constructivo de las estructuras y de los frisos

Material de las estructuras (edificios)

Para analizar el sistema constructivo de las estructuras es necesario conocer el tipo de material con el que se edificaron. Estas estructuras fueron construidas con material extraído de la región: cantera y piedra, como se puede observar en las fotografías. Por otra parte, la tarea de pegar las piezas en algunas zonas de las estructuras requirió el empleo de una especie de mortero, que generalmente era una mezcla de barro con baba de nopal, según tradición oral; sin embargo, en sitio se puede observar dicho mortero. Para columnas y otros elementos monolíticos, los constructores utilizaron la piedra tallada o cincelada (ver figuras 12 y 14). Incluso algunas hipótesis plantean el uso del sistema de cubierta a base de madera y un sistema de traveses hechos con un material cercano a la especie del bambú. En la actualidad existe una habitación cubierta que sugiere esta hipótesis (ver figura 11). Sin embargo, el análisis del espacio, reducido en dimensiones a lo ancho, apunta a que se haya cubierto con el mismo material de muros.

Sistema constructivo

La mayoría de las piezas de la base del muro se disponían a presión; en muchos casos, en las estructuras se disponía de un elemento que ayudaba a este acomodo a presión de las piezas, como se puede observar en las fotografías, aunque existen partes unidas con el mortero que fabricaban (ver figura 15).



Fig. 11

Por observación y por el análisis posterior en el sitio, puede apuntarse que el sistema estructural de los edificios se basaba en columnas y traveses decoradas, lo que solamente se puede ver en el interior de las tumbas (ver figuras 13 y 14). Posiblemente la cimentación consistía en un sistema por rodillos donde descansaba la pesada estructura, procedimiento que desarrollaba un sistema dinámico en una zona sísmica. Las columnas eran piedras esculpidas con jade o cristal (según tradición oral) que, como se planteó anteriormente, servían como parte de la cimentación y también soportaban la cubierta de las habitaciones. Al respecto, muchos autores han realizado hipótesis gráficas del sistema para cubrir las habitaciones, incluso en el

edificio del conjunto llamado el de las columnas existe una habitación cubierta, como se anotó anteriormente (ver figura 11). La altura de las entradas posiblemente estaba en relación con las cargas de la pesada estructura (análogamente a un sistema constructivo que se utilizó en las catedrales góticas y que establecía una relación de altura y carga: la columna necesitaba de un elemento, el pináculo, para sumarle peso y darle estabilidad).

Es muy probable que se haya desarrollado un sistema de drenaje en el conjunto arquitectónico de Mitla, puesto que en los edificios se observa un sistema de drenaje organizado, mediante unos orificios orientados hacia el sur-poniente, de lo cual se deduce que por gravedad y pendiente el agua regresaba al arroyo.

Cabe mencionar que la base en la que desplantaba el muro estaba escorzada a cierta angularidad, en tanto que la parte superior que remataba el muro tenía esa misma inclinación, pero invertida, de modo que la base con el remate quedaban a plomo. Este talud invertido (término con que se designa ese tipo de sistema) es una característica de los edificios posclásicos de Yucatán, especialmente en Uxmal. El perfil se retrae hacia dentro en la base del muro, y por encima se proyectan los tres frisos superiores, cada uno más saliente que el inmediatamente inferior. Esto que parece ser una corrección óptica, además de restablecer la fuerza de las líneas verticales en un bloque largo y bajo, permite que la luz reflejada por la tierra bañe la pared desde abajo; el resultado de tal percepción es que produce una ilusión de fondo, en tanto que la disposición de las grecas hace que en determinado momento el sol coloque a la pieza entre figura y fondo⁷.

⁷ Todos los paneles presentan una ilusión de fondo: “Todo dependerá del contorno que se distinga primero”. Las ilusiones ópticas se presentan cuando el sentido de percepción visual se confunde, mostrando una imagen que no es. Los tipos de ilusión perceptiva son distintos; sin embargo, todos ellos tienen una explicación científica o experimental (punto de vista de la psicología de la visión). En el caso de los frisos, el tipo de ilusión perceptiva es la de ilusión de fondo. Cf. Tomás García Salgado, “La perspectiva como ciencia de la visión creativa”, *Asinea*, Núm. XXIII (Culiacán, Sinaloa, noviembre de 2003), pp. 52, 53 y 55.



Fig. 12



Fig. 13

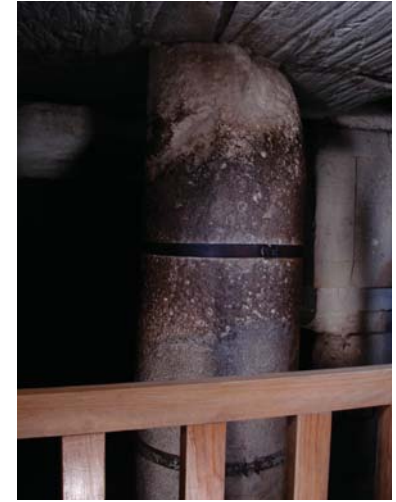


Fig. 14



Fig. 15
Este elemento se encuentra en la base donde la pesada estructura se desplantaba, generalmente donde la estructura hacía esquina en sus lados



Fig. 16
En esta toma fotográfica se observa el remate en esquina y los cortes, que están perfectamente delineados y acomodados



Fig. 17
Este perfil pertenece al edificio de las columnas, nótese la precisión de los cortes en la cantera, y las piezas dispuestas, para levantar el muro.

(cuando cambia la orientación de la iluminación cambia a lectura visual de los frisos en la fachada).

Material de los frisos

Los frisos están contruidos con piezas de cantera y de piedra (en distintos casos) cortadas y moduladas, dispuestas y acomodadas en bandas (ver figura 18); sin embargo, existen frisos labrados, principalmente los ubicados siempre en los dinteles, librando un vano (ver figura 19).

Otro elemento muy importante era la decoración con pintura en los frisos y las estructuras, las cuales se pintaban con un tipo de estuco o de yeso con un pigmento rojo, que probablemente se obtenía de la sangre de la cochinilla (una plaga) del nopal (ver figuras 10 y 20).

Sistema constructivo de los frisos

Parte del planteamiento de las hipótesis de un sistema constructivo en cuanto a la decoración de frisos de las estructuras establece el hecho de que esta construcción se realizaba por capas: en un primer plano se colocaba alguna base de mezcla, en segundo plano se disponían las piezas sobre las que se desplantaba el friso, y en tercer plano se situaban las figuras o patrones formados (ver figuras 18). Sin embargo, el diseño de los frisos se construía de dos formas: algunos eran relieves esculpidos en enormes losas de piedra, grabados en algunos dinteles y en partes de las tumbas, y otros piezas pequeñas de arcilla unidas para formar la banda, tal es el caso de librar los vanos (ver figuras 19). En algunos casos, se utilizaba también un elemento de forma geométrica en triángulo rectángulo para amarrar las piezas (ver anexo fotográfico fotografía 178).

Hipotéticamente, los arquitectos de la ciudad de Mitla realizaron una experimentación previa del diseño, es decir, llevaron a cabo un modelado en barro o algún tipo de maquetación, un diseño artesanal⁸. Así, el motivo que ocuparía el friso quizá estaba planeado, previamente diseñado, como se aprecia en las fotografías donde un diseño del motivo tiene diversas variaciones. Cabe preguntarse, sin embargo, si

⁸ Sobre diseño artesanal véase: Tomás García Salgado, *Notas sobre Teoría del Diseño Arquitectónico*, México, UNAM, 1978,



Fig. 18

En esta fotografía el acomodo de las piezas se encuentran dispuestas en franjas, cortadas en módulos.

estas variaciones a) eran estéticas, b) constituían una parte del proceso de perfeccionamiento en la configuración geométrica, c) tenían un significado proveniente de un código o escritura o, simplemente, d) formaban parte de la experimentación (específicamente el diseño que se encuentra en la figura 20).

Conforme a tradición oral, se dice que existían códigos y planos de la ciudad, pero éstos fueron quemados y destruidos en su totalidad cuando llegaron los españoles. Debido a esto, es necesario considerar la posibilidad de un planeamiento de los diseños de motivos o la decoración misma en la arquitectura de Mitla.

Sin embargo, el desarrollo en la concepción de los diseños de los motivos se pudo dar de manera paulatina en el curso del tiempo. En Yagul⁹, por ejemplo, el diseño de los frisos se encuentra en una forma

primitiva, pues en su composición todavía se aprecia la disposición en bloques labrados; pero en el mismo lugar (en otro cuadrángulo), se encuentra una disposición más desarrollada que la antes descrita, como se advierte por la colocación de piezas incrustadas y no labradas con el motivo de rombos y cruz. Este mismo diseño, más exacto, se encuentra en los frisos de Mitla (ver figuras 27 y 28). Con lo anterior se establece que las decoraciones de los muros de Mitla, quizá tuvieron variaciones de tipo mecánico; por ejemplo, en los cuadrángulos del grupo de las columnas, las fachadas estaban revestidas por líneas de frisos panelados en una geometría más exacta, a diferencia del grupo de la iglesia, donde poseen frisos de composición diagonal y ortogonal con una calidad de ejecución más mecánica y menos exacta, según lo analizado en las fotografías y en el sitio.

No obstante, como se mencionó anteriormente, tal vez los arquitectos de Mitla utilizaron el labrado como un tipo de ejecución forzada por alguna razón. Tal sería el caso de los frisos que se encuentran sobre un vano (en los dinteles para ser específicos), que tuvieron que ser esculpidos para salvar un claro, por ejemplo. Sin embargo, la pregunta que implica tal hipótesis sería ésta: ¿por qué se esculpió sólo en esta situación y no en el resto de los paneles encontrados en Mitla? La respuesta sería relativamente sencilla, pues quizá era más complicado ejecutar el trabajo cinceando los paneles que limitarse a cortar la pieza y pegarla.

a nivel de friso, sino también en la configuración de su conjunto arquitectónico; es decir, las plantas arquitectónicas muestran una simetría sin variaciones en las formas geométricas. En Mitla ya existe una variación en la forma geométrica, por ejemplo, en el edificio de las Columnas.

⁹ Al respecto, cabe mencionar que no sólo existe una observación



Fig. 19

De acuerdo a las hipótesis descritas, en otros casos el sistema es por labrado, principalmente cuando formaba parte de un sistema de apoyo como una trabe.



Fig. 20

En la decoración de los frisos, estaba presente la pintura, la cual formaba parte de un fondo y resaltaba el motivo dispuesto en el friso



Fig. 21, 22 y 23

En estas fotografías se encuentra la entrada de las tumbas encontradas en el sitio, como se podrá ver las entradas son mínimas, característica de las tumbas en la mayoría de las culturas mesoamericanas, al entrar se encuentran unas escalinatas para subir a lo que será la tumba de algún sacerdote, lo interesante al interior es ver parte del sistema para sostener tan pesada estructura, el acomodo de la losa y los pequeños huecos que existe entre losa y losa, muro losa, según las hipótesis, se plantea que el sistema estaba a base de rodillos, lo cual permitía un sistema dinámico para sismo, dicho sistema no es descabellado, puesto que en la actualidad, países como Japón tienen un sistema de cimentación a base de rodillos, pero en este caso en la Ciudad de Mitla se ve su posible uso en el 200 d.C.



Los frisos que acompañan la decoración están incrustados, o bien, labrados en los muros. En las anetiores fotografías se mostró las columnas que forman parte del sostén de este edificio en particular, del cuadrángulo F edificio de las columnas.



Fig. 24



Fig. 25

La altura de las entradas a cada una de las habitaciones en el edificio de las columnas, de acuerdo a las dimensiones del cuerpo humano, son de poca altura, como se puede ver en estas fotografías, además el sistema de drenaje estaba orientado hacia la esquina del patio



Fig. 26, 27 y 28

En esta serie de fotografías se muestran los primeros trazos y ejecución de los frisos en una forma primitiva, perteneciente a Yagul y a Mitla, el desarrollo en la ejecución, posiblemente se fue dando por etapas, si se analiza la primera fotografía se podrá ver que la composición del friso se da por medio de bloques labrados, esto significa un primer acercamiento al diseño de friso en fachada. La siguiente fotografía muestra la siguiente etapa, con el acomodo de las piezas a presión (Yagul), con el mismo diseño en Mitla se observa que en los edificios del grupo de la Iglesia, la ejecución es mas precisa y desarrollada. Probablemente, el proceso de diseño en la configuración de sus edificios, de elementos decorativos y de los frisos se fue dando paulatiamente, pero siempre, con un conocimiento geométrico y matemático, que se dió en sus inicios por medio de la observación.

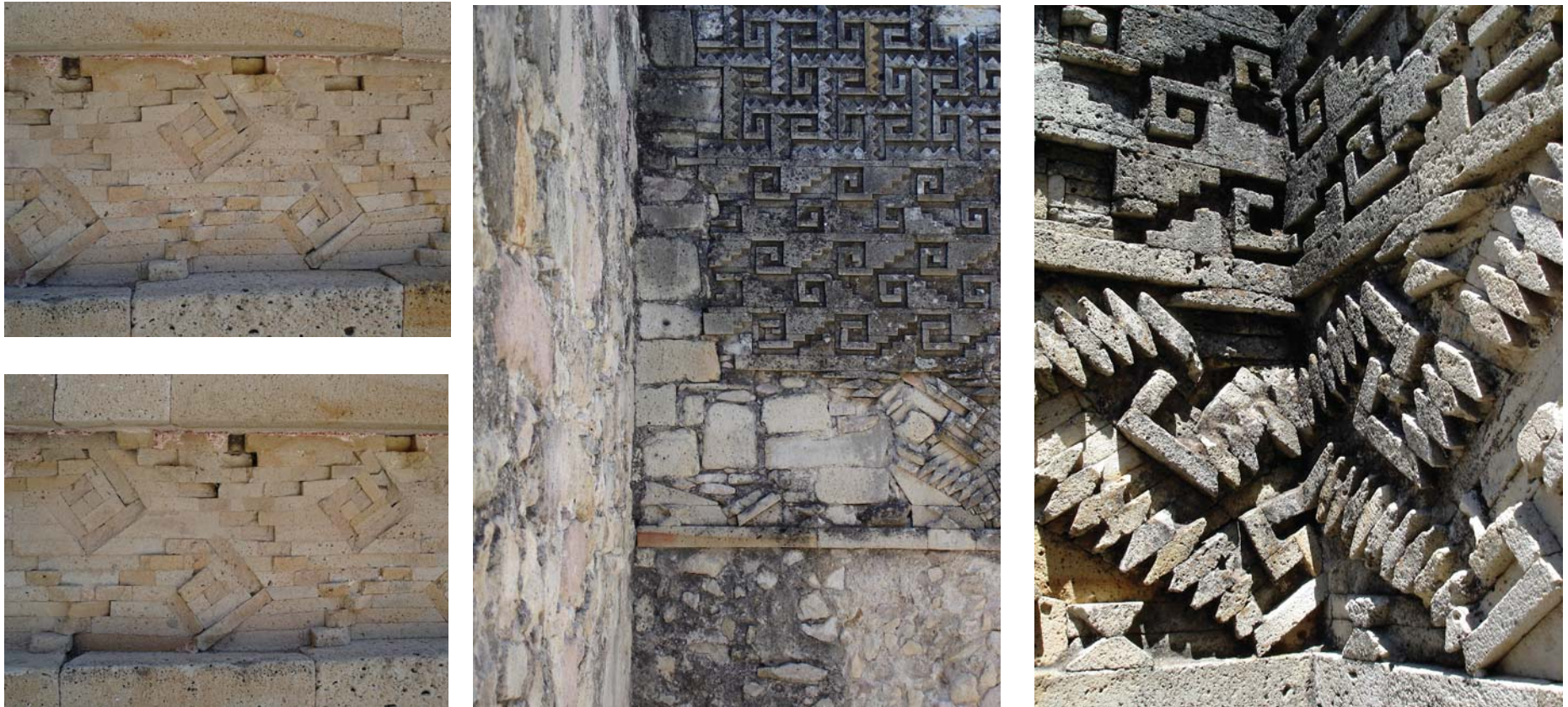


Fig. 29, 30, 31 y 32

En estas fotografías se aprecian etapas de construcción para los frisos, el acomodo y la disposición de las piezas a presión, utilizando elementos de apoyo para fijar con exactitud el ángulo que debía seguir el diseño del motivo. A pesar de las condiciones en las que se encuentra el friso se puede deducir el seguimiento del motivo y plantear el sistema constructivo que se siguió.

Composición arquitectónica

Del diseño de la planta arquitectónica y los espacios, se puede inferir un conocimiento del espacio público y privado. En el grupo de las columnas, las habitaciones destinadas al rey se encontraban orientadas hacia los cuatro puntos cardinales; según tradición oral, en cada habitación se encontraron piezas que distinguían cada espacio y determinaban el uso de la habitación: al norte el espacio donde el rey comía; al sur, donde dormía; al poniente, la sala de juntas, y al oriente, el lugar de descanso.

Su composición arquitectónica está en relación con el uso de la simetría, de las formas geométricas y de las variaciones de éstas. En cambio, la composición geométrica del conjunto arquitectónico de Yagul no presenta variaciones en la forma geométrica de sus edificios (dispuestos en cuadrángulos, cuadrados). En Mitla, un ejemplo similar lo ofrece el edificio de las columnas, el cual, trazando un eje de simetría, tiene la forma en h, pero también presenta ciertas características peculiares en la orientación de los edificios; así, uno de los edificios de este mismo grupo está dispuesto de forma tal, que el edificio se halla invertido, dando la espalda hacia el centro del patio. La pregunta que se desprende de este análisis es: ¿cuál sería la razón de esa disposición, si se considera que la orientación de cada uno de los edificios es distinta, siempre hacia algún punto cardinal o hacia el centro? La explicación que suele darse en el sitio plantea que los edificios se orientaban de acuerdo con puntos estratégico-militares, hacia la ciudad de Monte Albán, pero también observando la disposición en planta de los edificios; la forma y la geometría de cada uno de éstos es distinta, aunque en algunos se conservan las similitudes de las orientaciones y el número de espacios.

Algunos historiadores plantean que conforme a los manuscritos rituales, las formas típicas de los mosaicos de las fachadas tenían un significado proveniente de la cosmogonía náhuatl; por ejemplo, en cada brazo de la cruz están pintados unos escalones y el nombre de este diseño en náhuatl es *otlamaxac*, que significa las encrucijadas donde Tezcatlipoca y otros dioses nocturnos se aparecían como magos¹⁰; otro ejemplo señala que un friso de terrazas escalonadas,

pintadas en blanco y negro, significaba en las genealogías la ciudad de Tilantongo¹¹. Siguiendo la creencia que se ha dado también en el sitio, el significado de los “paneles” proviene de los manuscritos rituales y genealógicos donde los motivos designaban templos y ciudades; sin embargo, según esta creencia en los paneles se encuentra también la escritura (grecas) que representaba el pasado y el presente, el ciclo de la vida (nacimiento y muerte), la rotación del sol, la creencia religiosa, etcétera. Es probable que cada uno de esos motivos de frisos tuviera un significado geográfico, referido a las diferentes capitales mixtecas, o bien, en el caso del motivo rombos y cruz, la cruz representaría los puntos cardinales, o los ejes de orientación. Si esta alternativa fuera acertada, implicaría que los constructores y arquitectos de la ciudad de Mitla poseían un conocimiento muy preciso de la orientación y, a la vez, de su representación.

Según Ignacio Marquina, en Mitla no se puede apreciar un trazo de conjunto en lo que actualmente se conserva de la ciudad, pues los diversos grupos parecen haber sido construidos sin que su distribución haya obedecido a un plan formado de antemano, aunque el arreglo de cada grupo constituido por edificios que limitan patios cuadrados o rectangulares sí ofrece una perfecta simetría en cada uno de estos cuadrángulos. Sin embargo, se distinguen dos tipos principales de distribución entre estos grupos: en el que están comprendidos el del curato, el de las columnas y el del arroyo, cada uno se compone de dos cuadrángulos, formados por un patio casi cuadrado y limitado por plataformas que sostienen edificios de planta rectangular en tres de sus lados, en tanto que en otro, el lado restante se forma una amplia entrada.

IV

Clasificación de los Frisos de Mitla por los Grupos de Simetría en Friso

Familias de los grupos de simetría en friso

En el libro *Notas sobre Teoría del Diseño Arquitectónico*¹ se establecen definiciones de los grupos de simetría en friso, que a continuación se retomarán en este apartado.

La definición exacta para una operación de simetría de friso es la de aquella franja infinita que contiene un patrón simétrico o patrón de friso, donde solamente existen siete posibles patrones de friso; esta posibilidad ha sido determinada por cálculos matemáticos.

Las operaciones de simetría de friso no solamente han tenido una aplicación en el diseño decorativo de fachadas, sino que también han servido de guía para la investigación (un ejemplo es el de la presente tesis). La relación que se pretende establecer entre estos estudios o investigaciones en el campo de la geometría y el desarrollo en estas ciudades consiste precisamente en el conocimiento de las matemáticas y el principio de diseño que el ser humano es capaz de concebir y de aplicar. A continuación se presentará este estudio en la arquitectura de Mitla, así como las definiciones que permitirán una mejor comprensión del tema.

¹ Nueva Edición en prensa, Tomás García Salgado, *Notas sobre Teoría del diseño Arquitectónico*, TGS-UNAM, 2007, México D.f.



Fig. 33



El estudio de las operaciones de simetría de friso en la arquitectura de Mitla

La diferencia entre la operación de simetría en friso y la operación de simetría en plano reside en que el movimiento en el plano por traslación no se presenta, sólo por rotación, por reflexión, o por deslizamiento en ejes horizontales, mientras que en la arquitectura de Mitla se presentan estos dos casos, en donde un friso se genera en una trama, y en el otro caso en una operación por friso. Los arquitectos de Mitla exploraron la posibilidad de combinar paneles de frisos para generar un plano como diseño en fachada (ver figuras 33 y 34).

A continuación se dan las definiciones.

Fig. 34

Grupo 1

Solamente hay traslaciones; se le llama simetría de traslación.

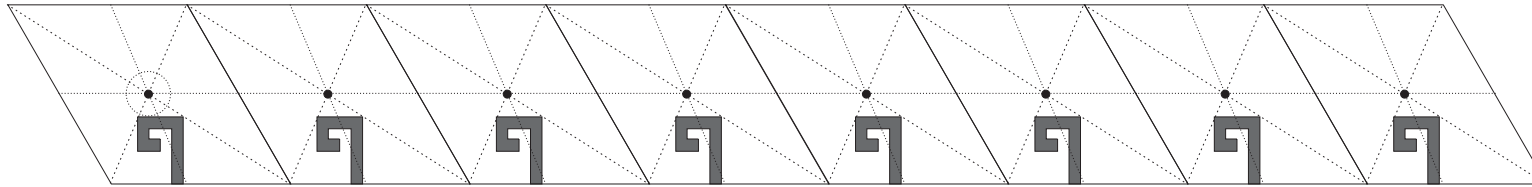


Fig. 35

Grupo 2

Reflexiones deslizadas y traslaciones, es decir, reflexión con deslizamiento más traslación.

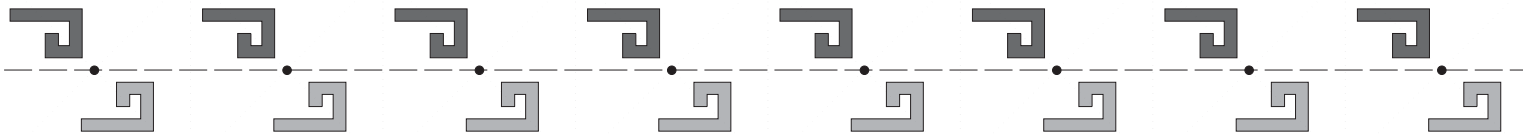


Fig. 36

Grupo 3

Traslaciones, la reflexión en el eje horizontal y reflexión deslizada, es decir, una reflexión sobre una línea horizontal más traslación.

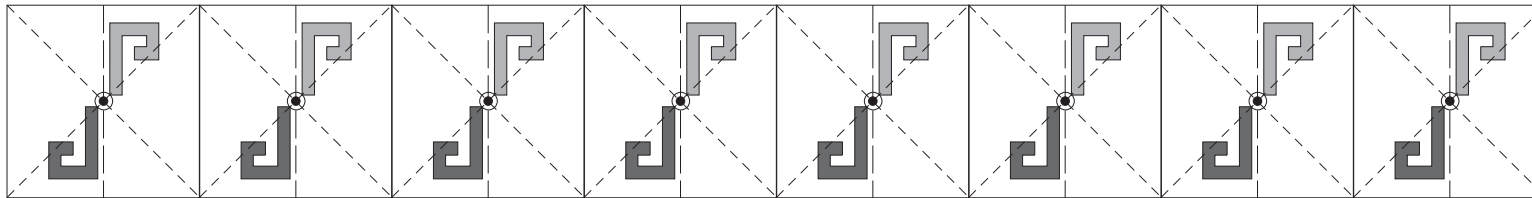


Fig. 37

Grupo 4

Traslaciones y reflexiones, es decir, reflexión sobre una línea vertical más traslación.

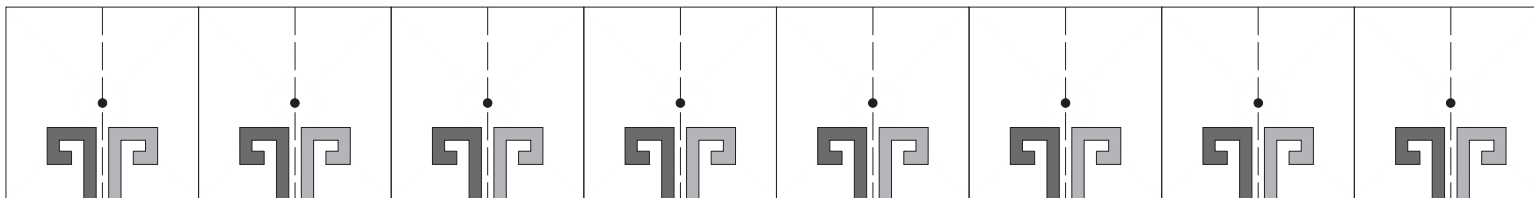


Fig. 38

Grupo 5

Traslaciones y rotaciones de 180° , es decir, rotación, media vuelta alrededor de un punto a la mitad de la franja más traslación.

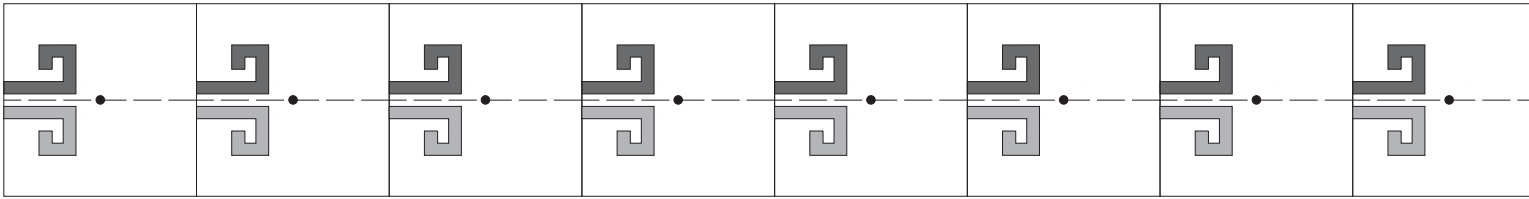


Fig. 39

Grupo 6

Reflexiones, reflexiones deslizadas, traslaciones y rotaciones, es decir, reflexión sobre una línea vertical más reflexión sobre la línea horizontal más traslación.

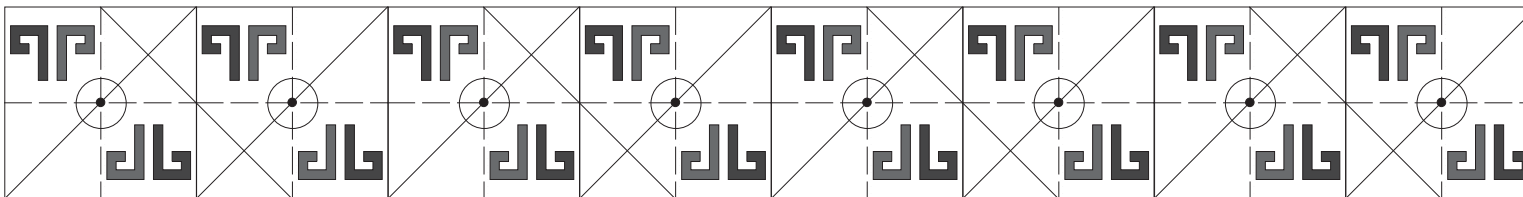


Fig. 40

Grupo 7

Traslaciones, reflexiones deslizadas, reflexiones a ambos ejes y rotaciones de 180° .

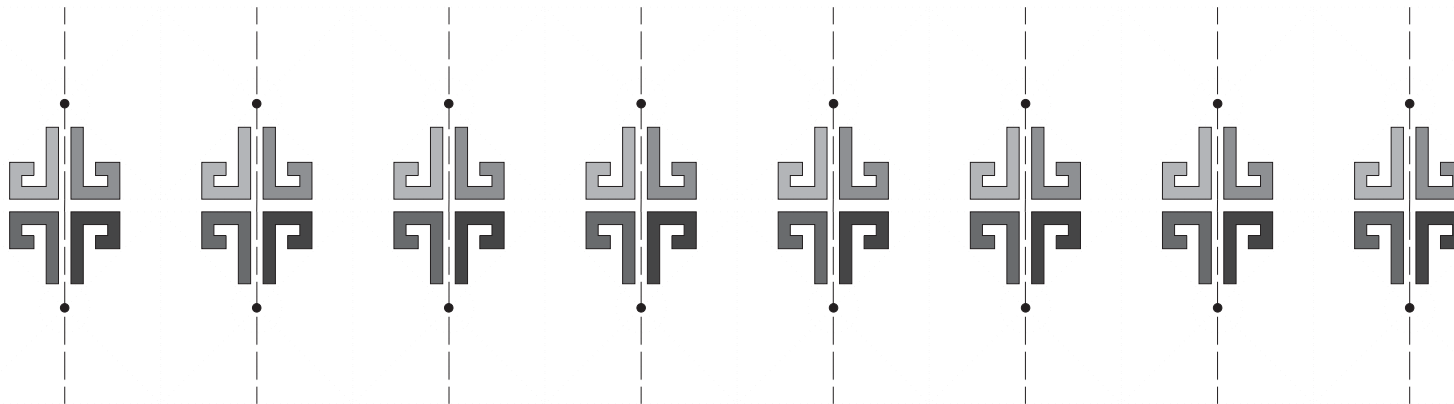


Fig. 41

Tomando un patrón como ejemplo, se le puede ir aplicando las operaciones correspondientes para su transformación; por ejemplo, empezar con un diseño básico de elemento es mejor si se trata de un diseño no simétrico, pues así la simetría creada por las transformaciones resulta más aparente.

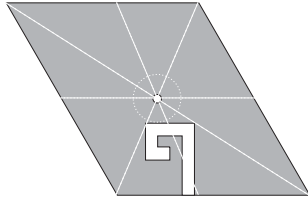


Fig. 42

Como segundo paso tomaremos en cuenta que todos los patrones de friso poseen una simetría de traslación; una vez que creamos una unidad básica que contenga todas las propiedades (de otras simetrías), podemos trasladarlo en ambas direcciones. Así que en este caso empezaremos con una reflexión vertical.

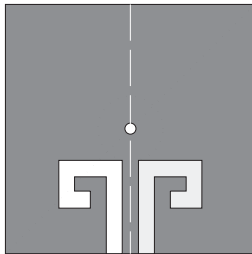


Fig. 43

Toma un diseño básico de elemento y refléjalo sobre una línea vertical. Es recomendable escoger una línea cercana pero que no interseca a tu elemento original. Y ahora hay dos piezas en tu diseño básico: el elemento original y su imagen reflejada.

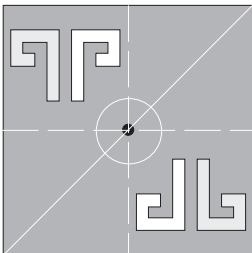
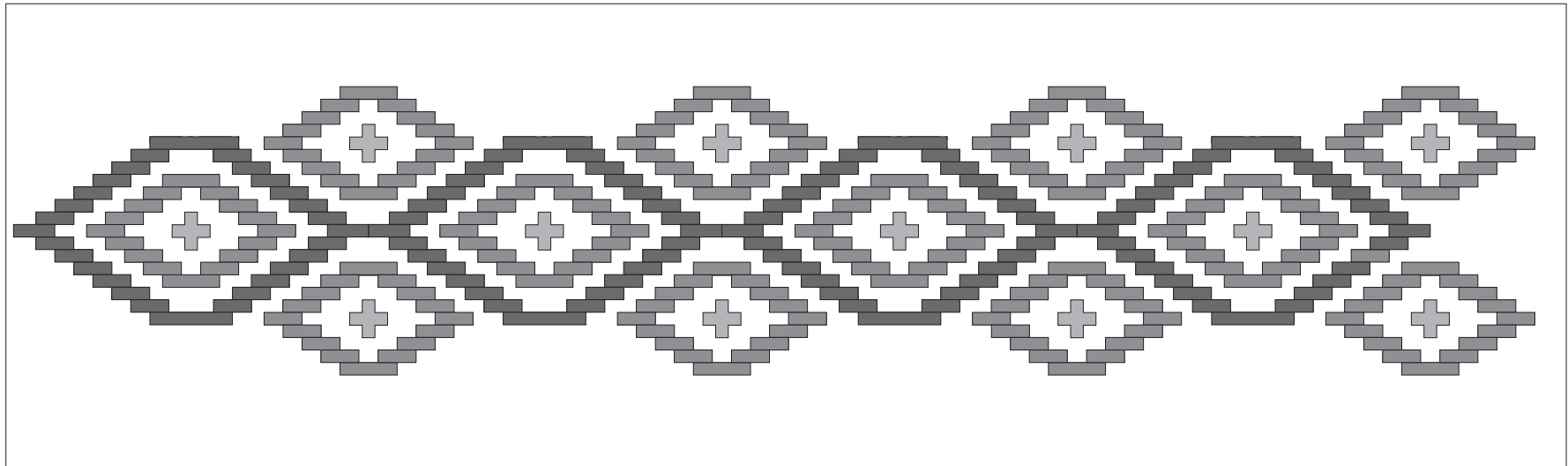


Fig. 44

CLASIFICACIÓN DE LOS FRISOS DE MITLA POR LOS GRUPOS DE SIMETRÍA EN FRISO

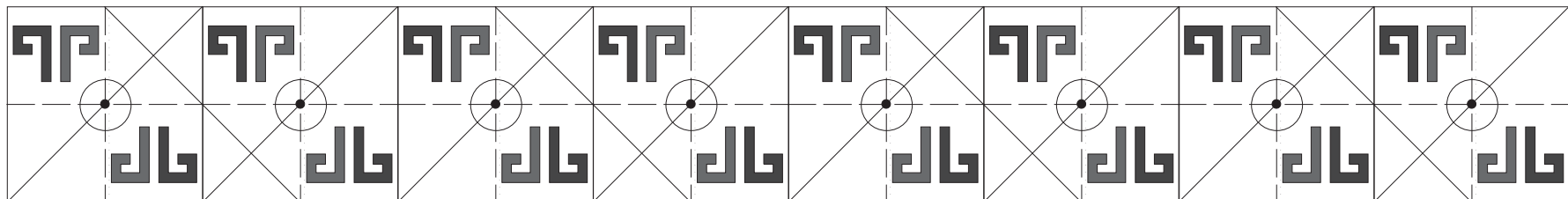


FRISO DEL GRUPO 6



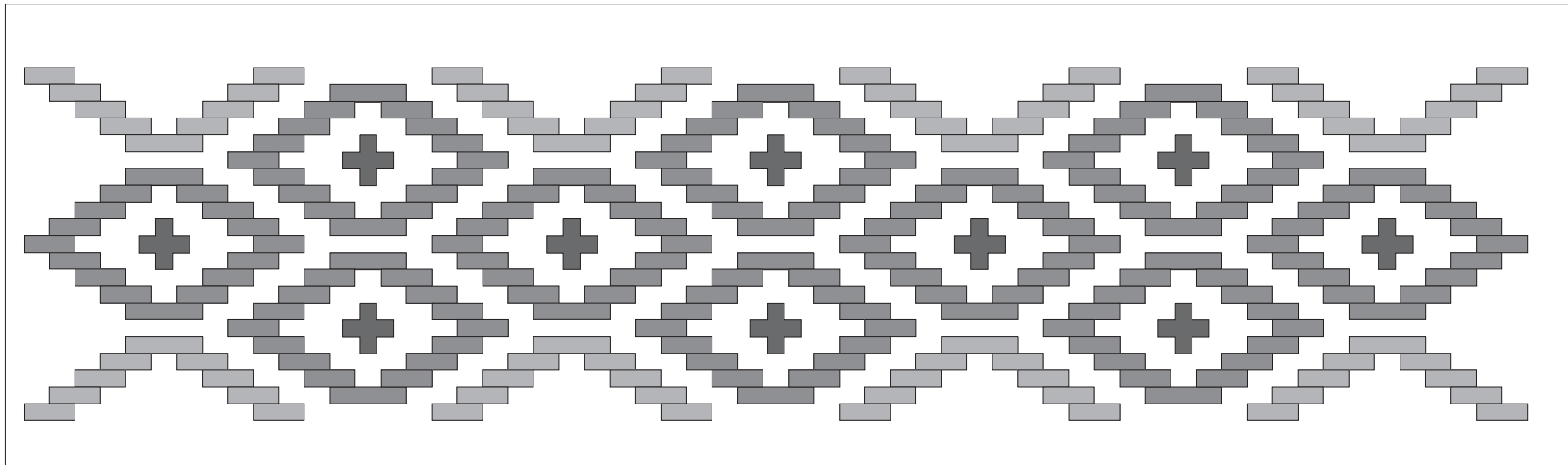
Patrón	Operación	Friso Generado	Operación de Friso Aplicado

Operación de Simetría de Friso



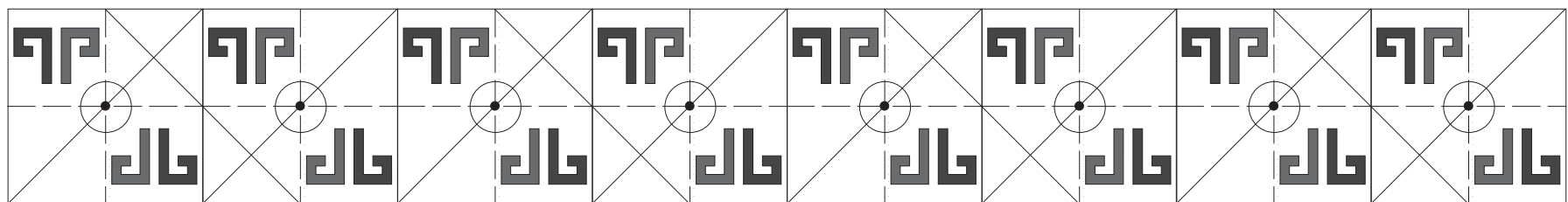


SIMETRÍA DE FRISO DEL GRUPO 6



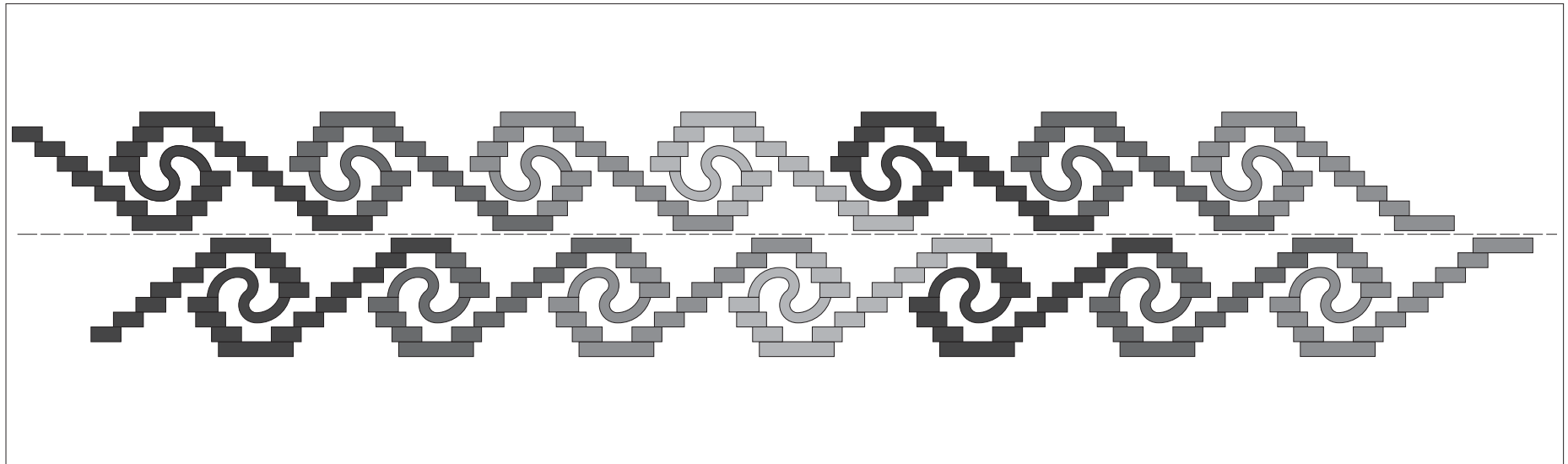
Patrón	Operación	Friso Generado	Operación de Friso Aplicado

Operación de Simetría de Friso

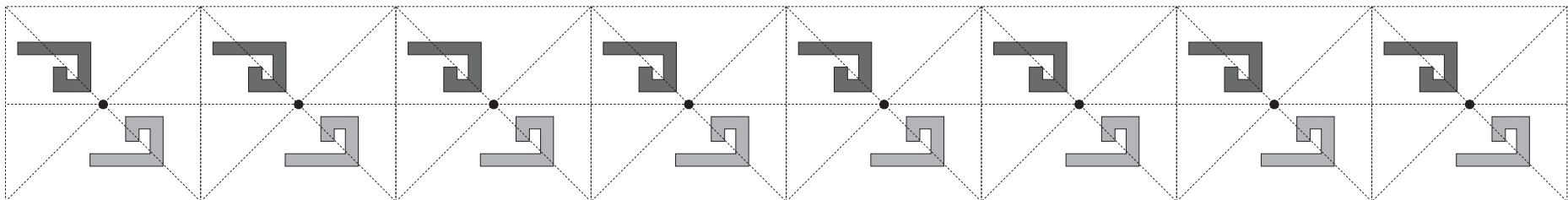




FRISO DEL GRUPO 2

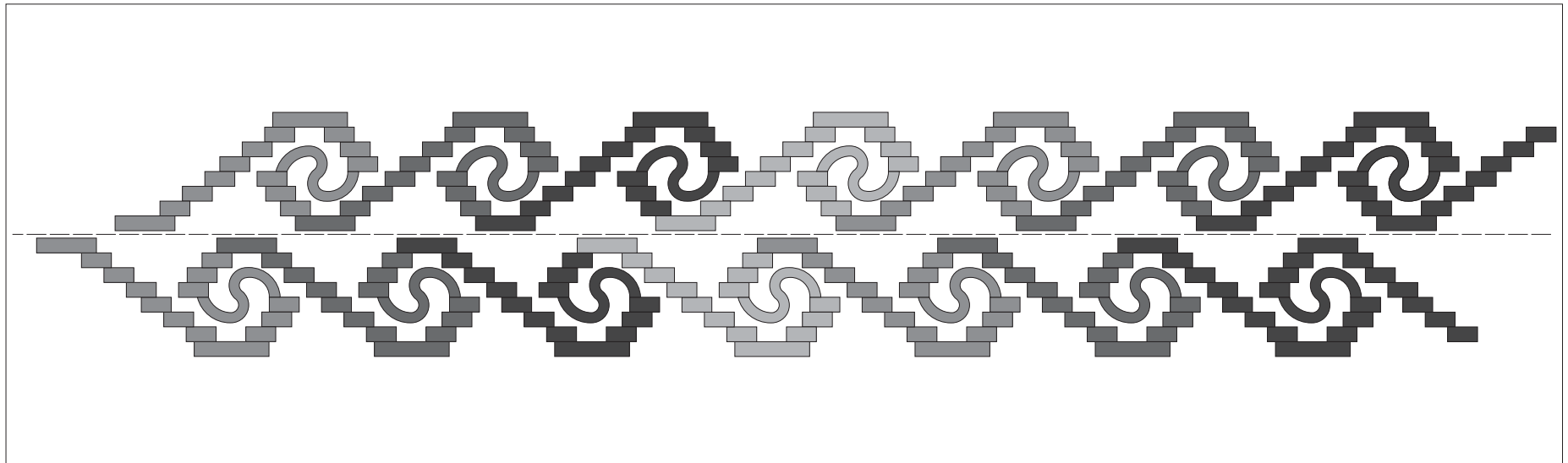


Patrón	Operación	Friso Generado	Operación de Friso Aplicado

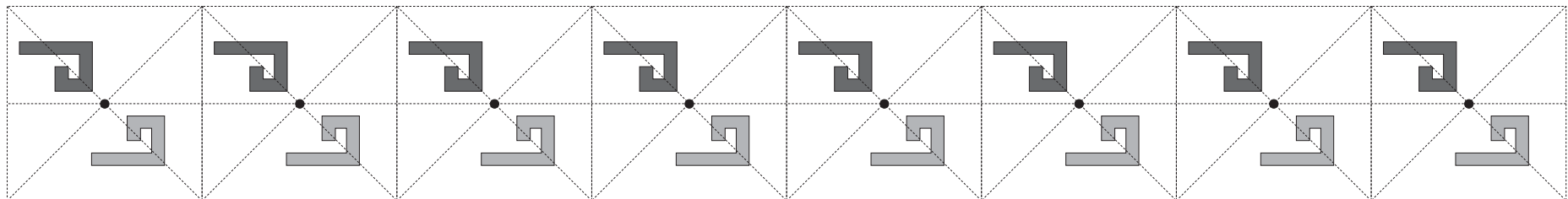




FRISO DEL GRUPO 2

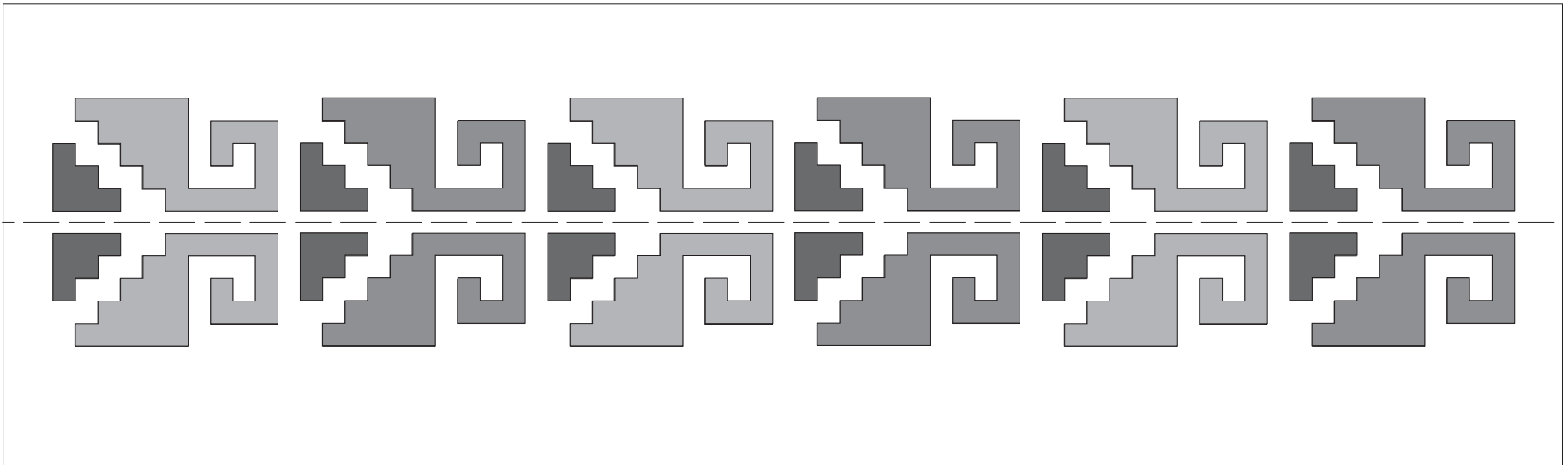


Patrón	Operación	Friso Generado	Operación de Friso Aplicado



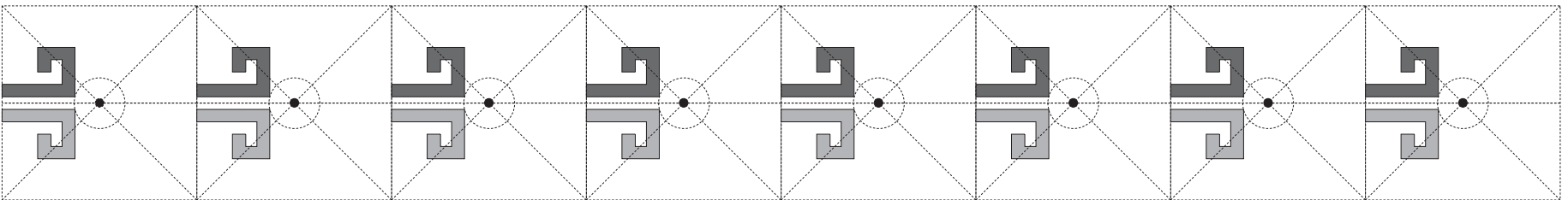


FRISO DEL GRUPO 5



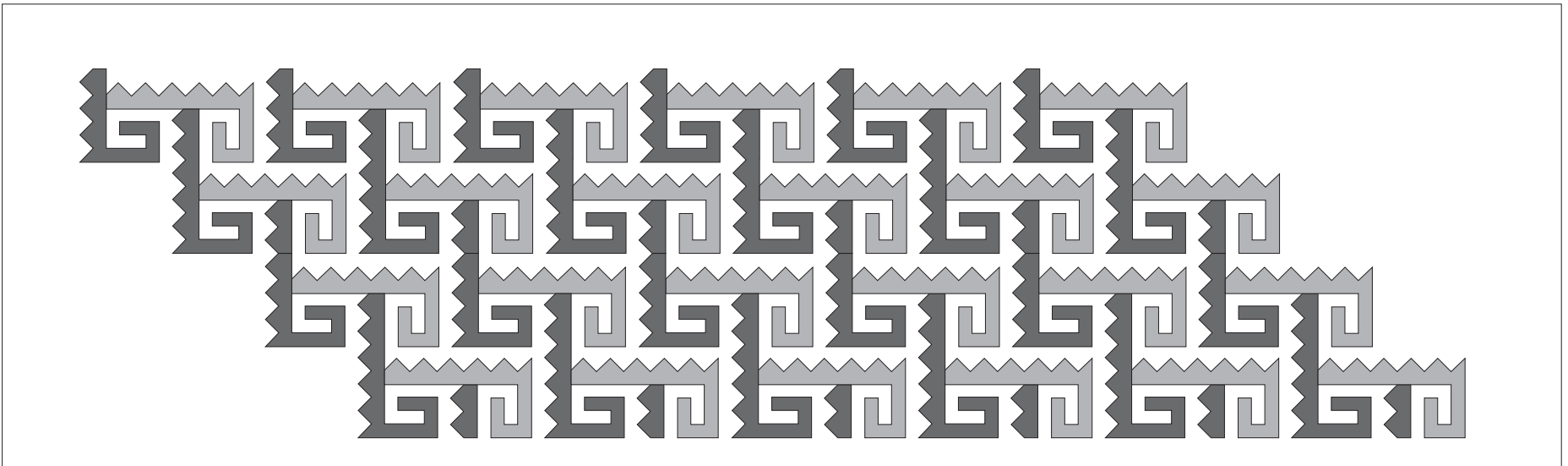
Patrón	Operación	Friso Generado	Operación de Friso aplicado

Operación de Simetría de Friso

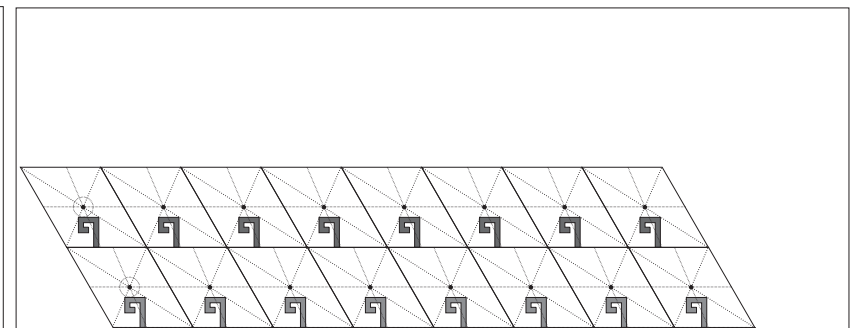
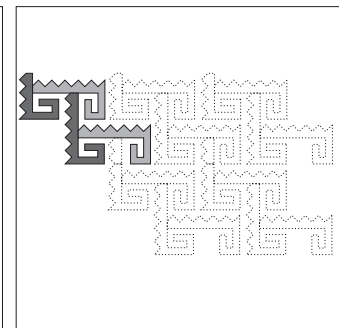
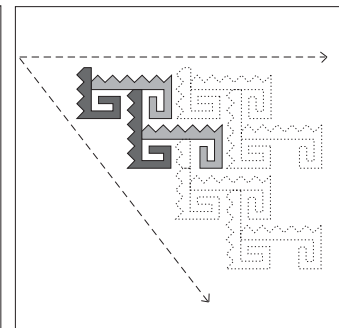
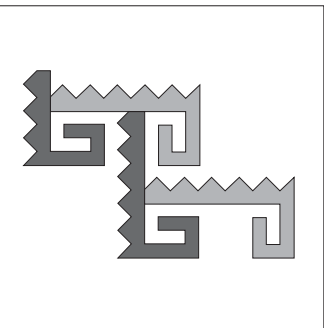




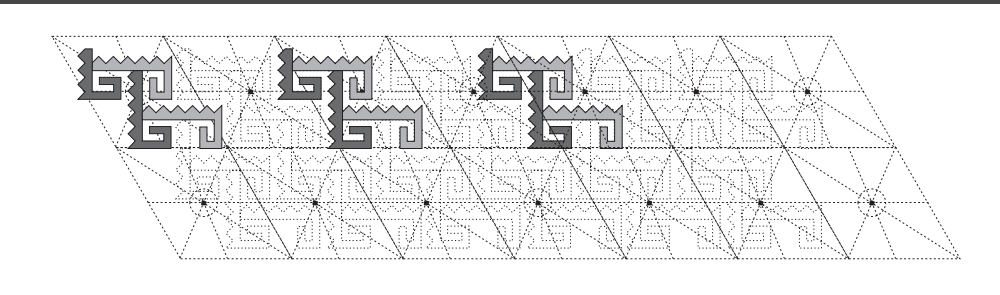
SIMETRÍA DEL GRUPO 1



Patrón	Operación	Desarrollo de la trama	Generación de la trama
---------------	------------------	-------------------------------	-------------------------------

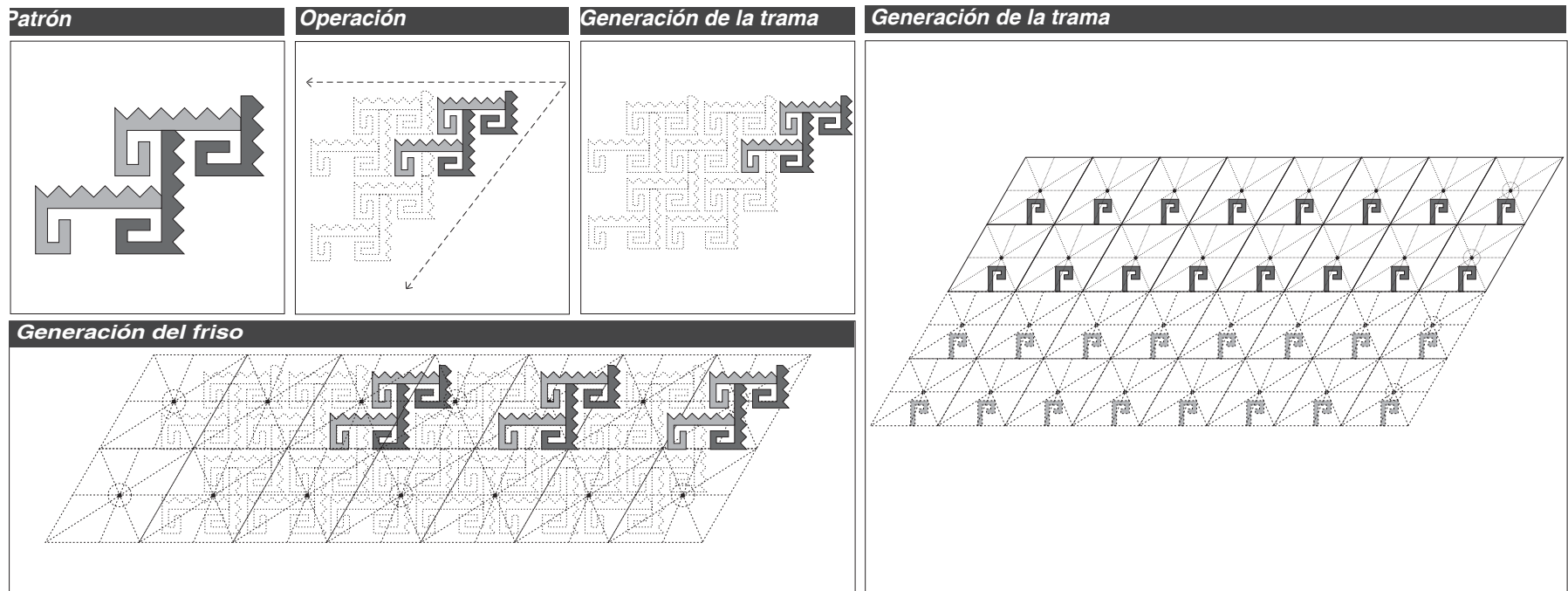
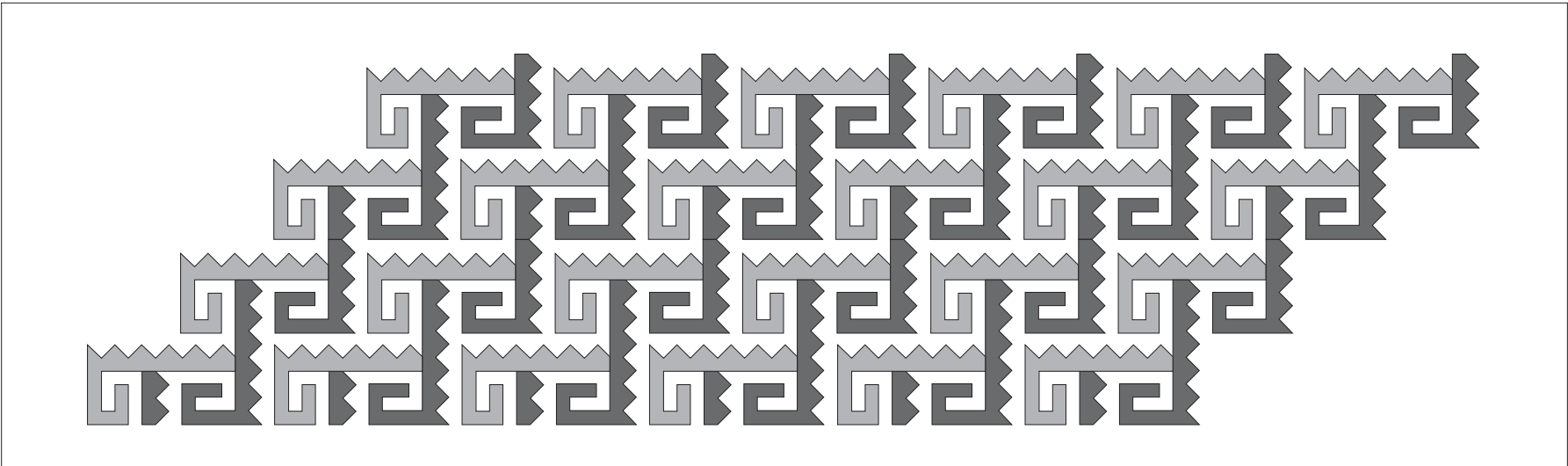


Generación del friso



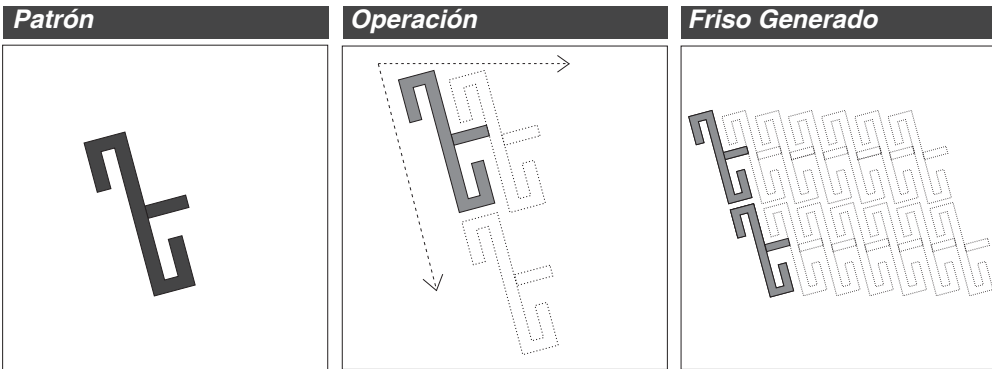
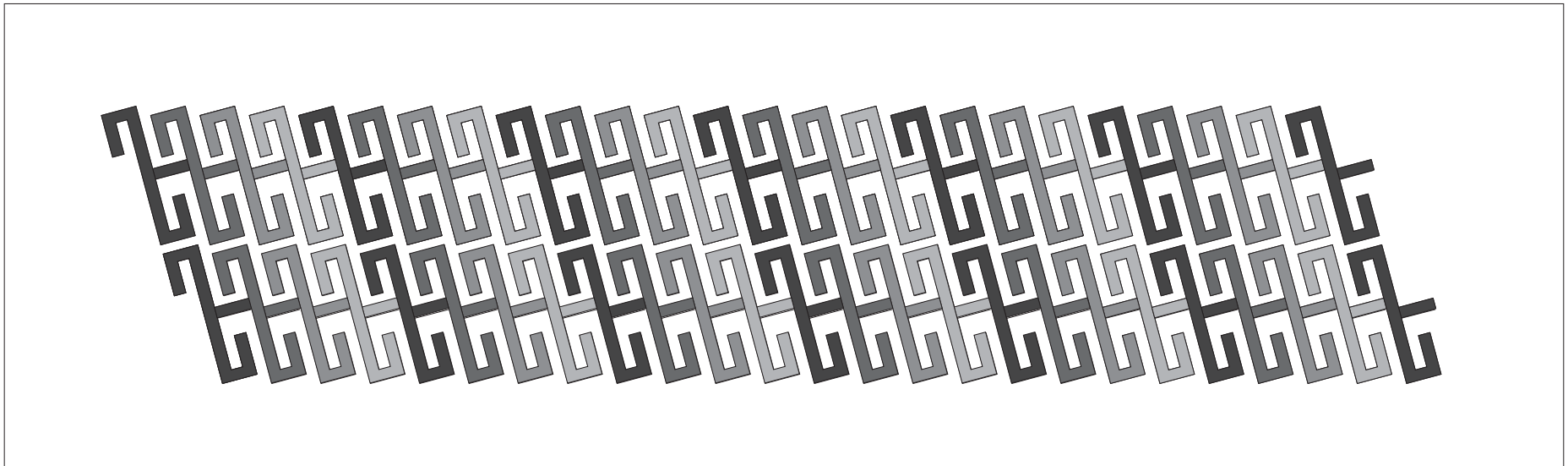


SIMETRÍA DEL GRUPO 1 (En Reflexión)

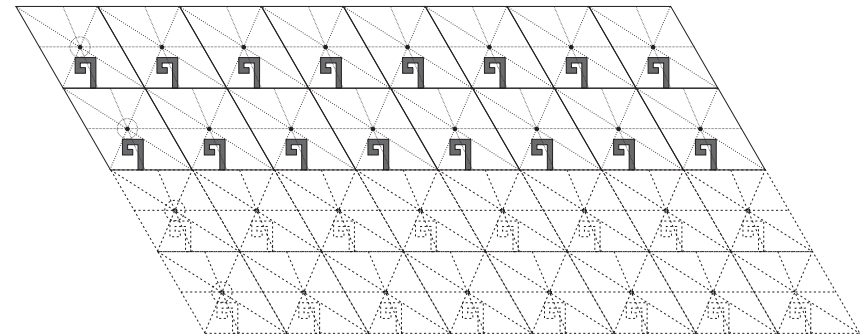
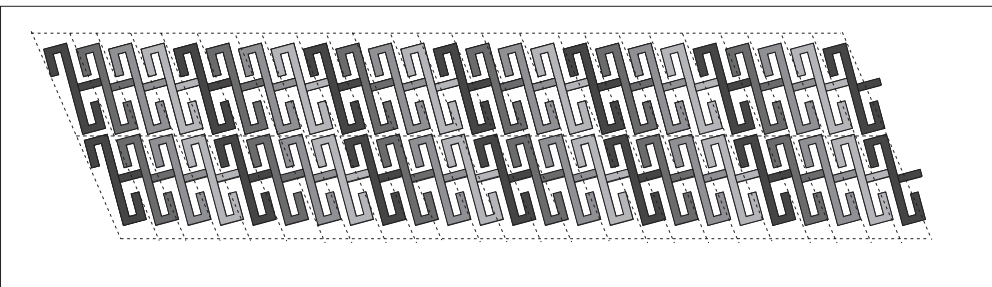




FRISO DEL GRUPO 1 (A doble banda)

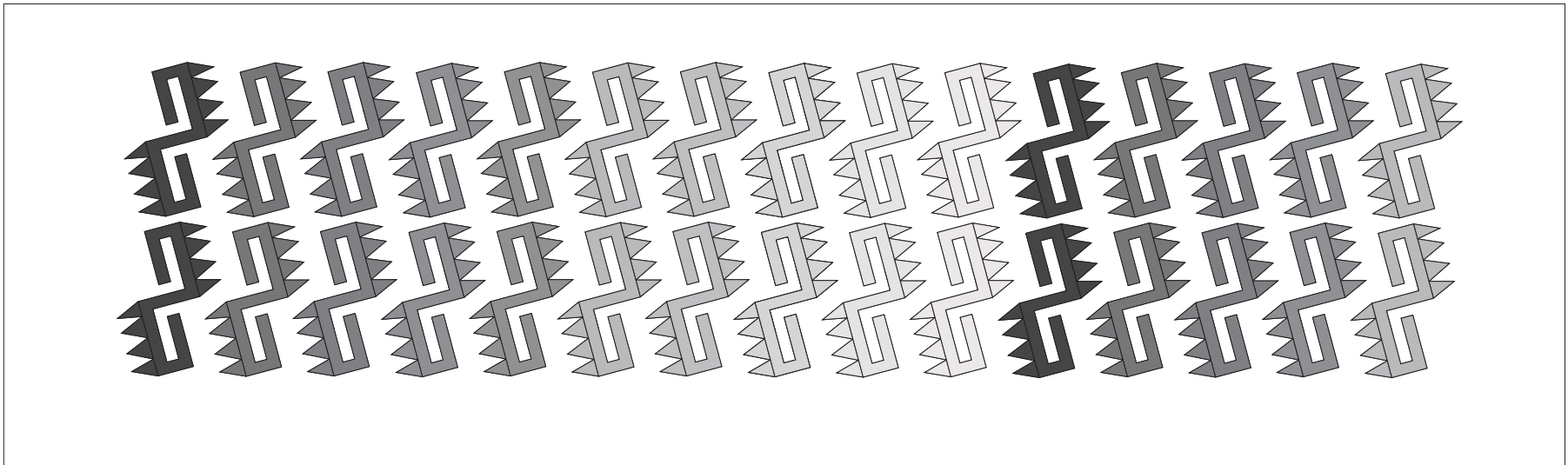


Operación de Friso Aplicado





FRISO DEL GRUPO 1 (A doble banda)

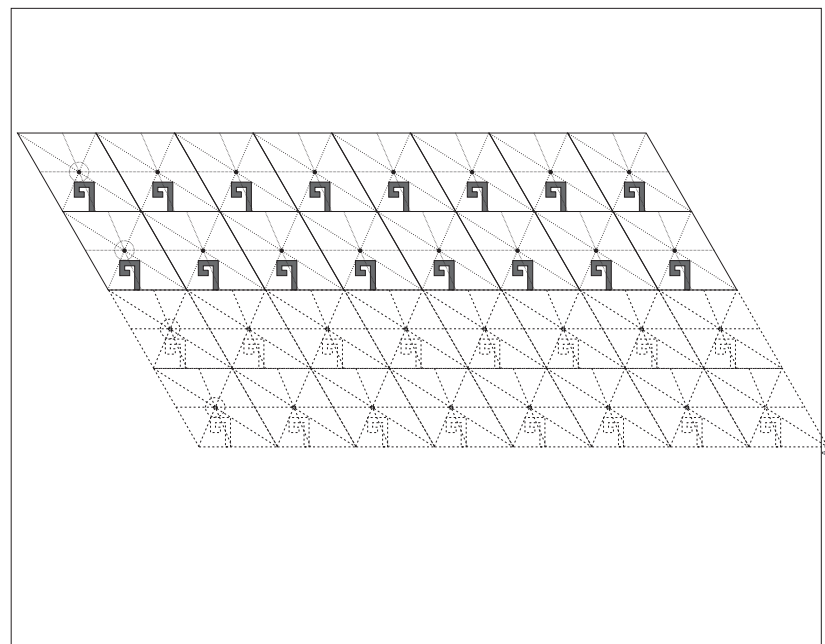
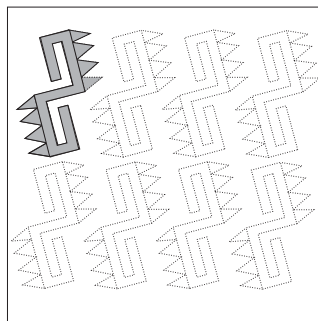
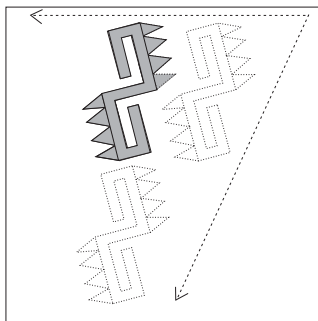
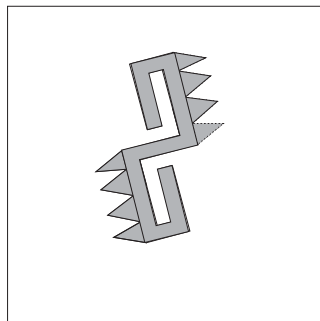


Patrón

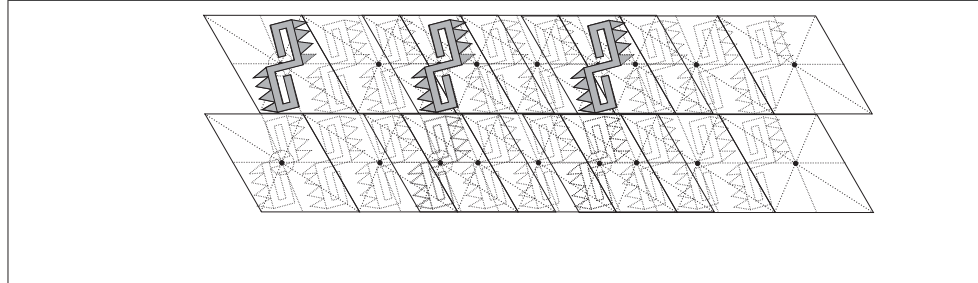
Operación

Generación de la trama

Generación de la trama

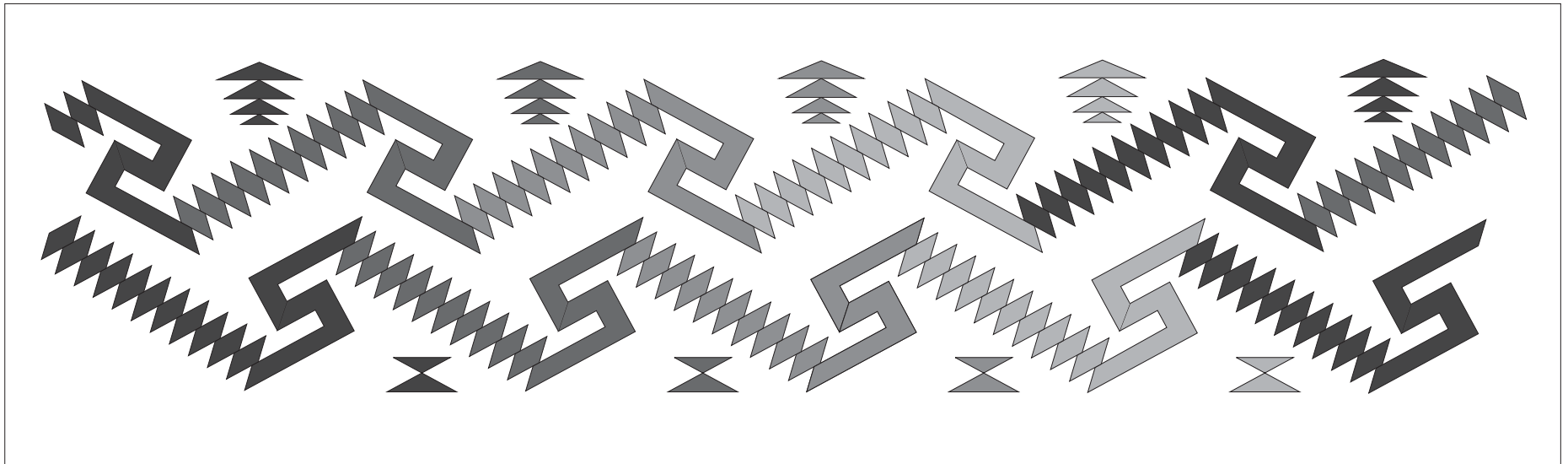


Generación del friso



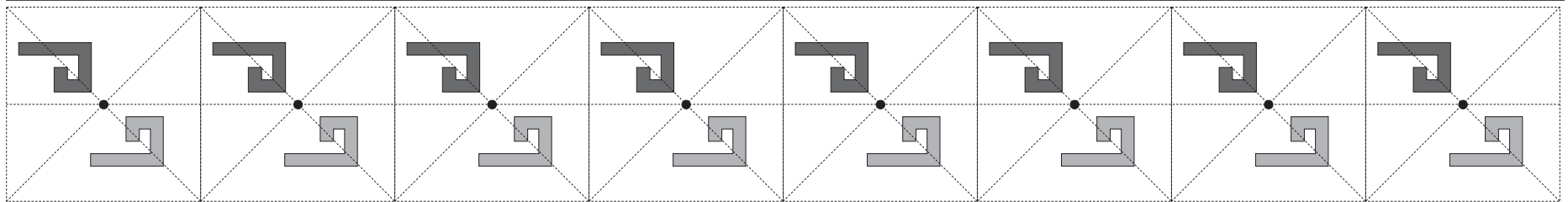


SIMETRÍA DE FRISO DEL GRUPO 2



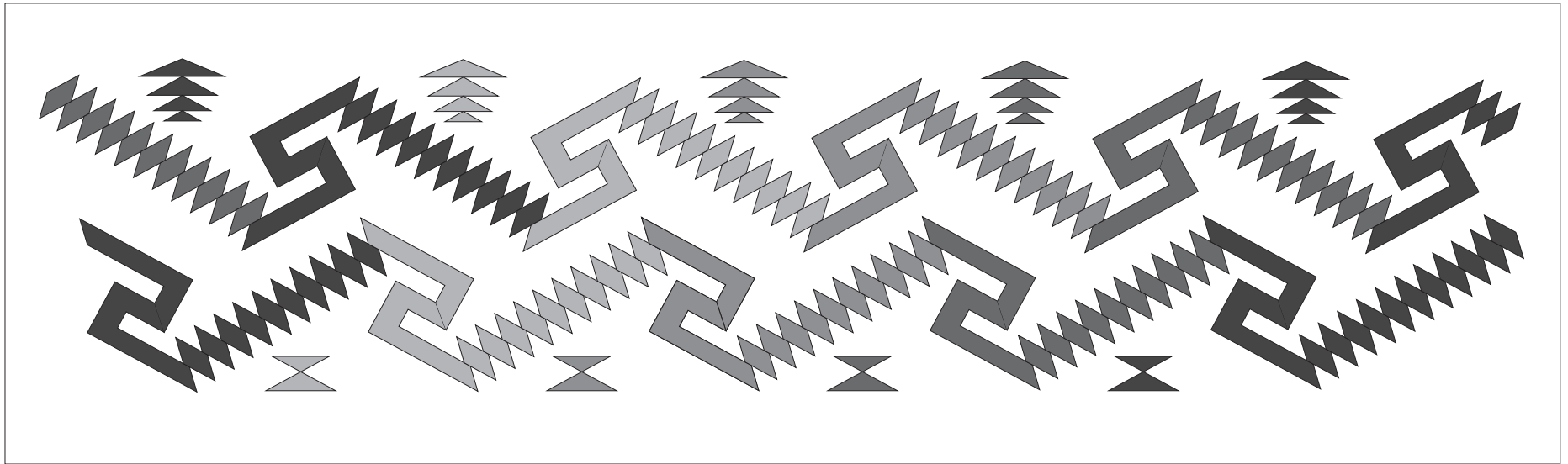
Patrón	Operación	Friso Generado	Operación de Friso aplicado

Operación de Simetría de Friso

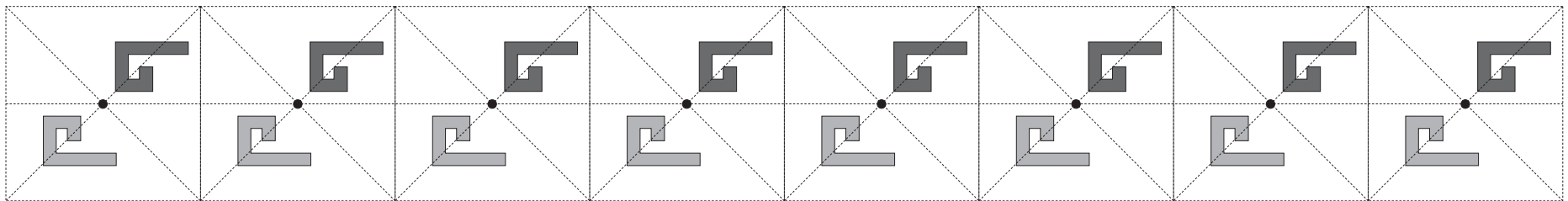




SIMETRÍA DE FRISO DEL GRUPO 2

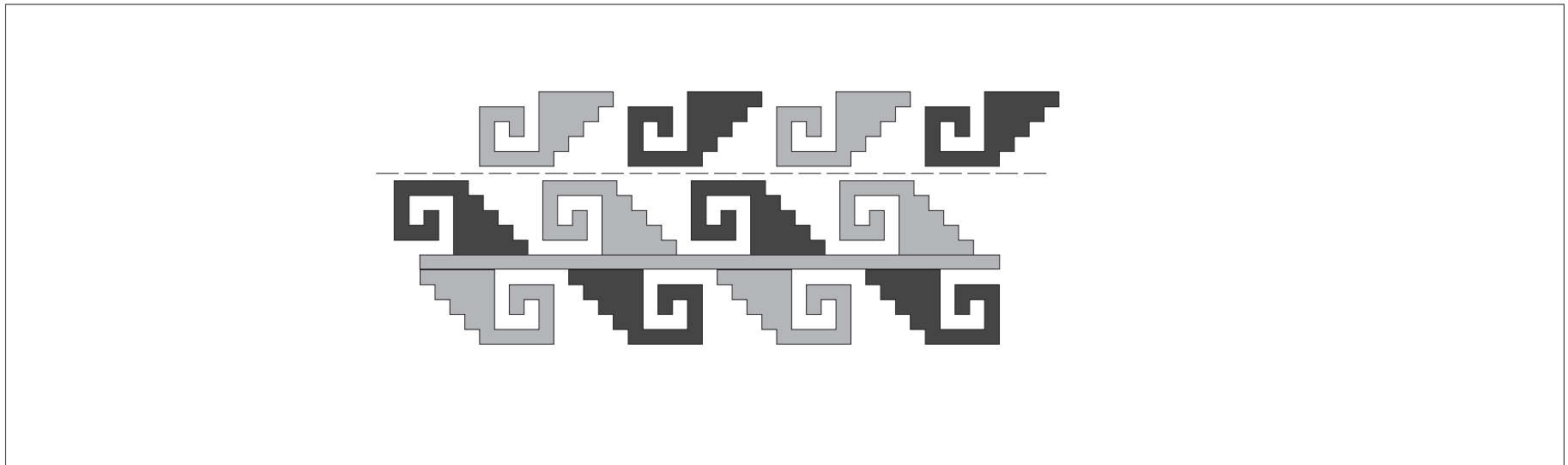


Patrón	Operación	Friso Generado	Operación de Friso aplicado



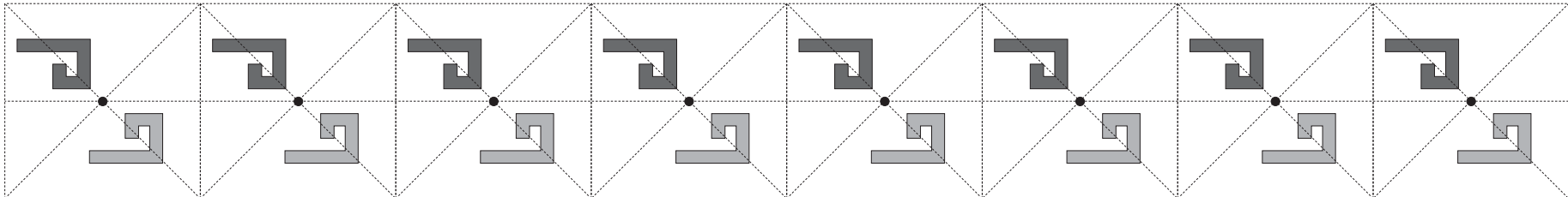


FRISO DEL GRUPO 2



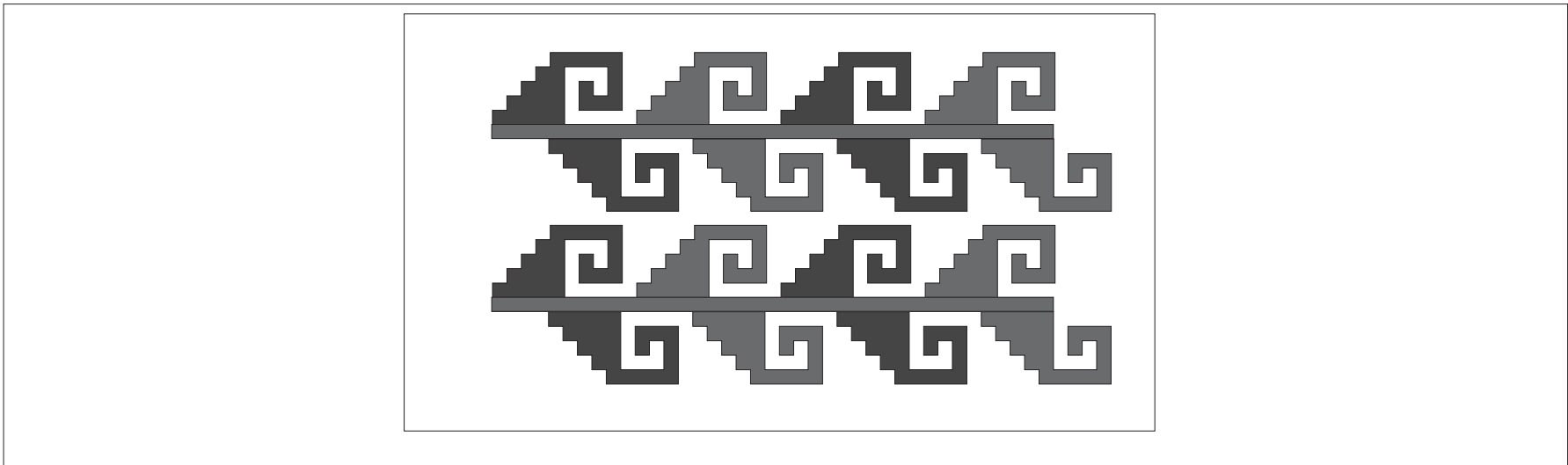
Patrón	Operación	Friso Generado	Operación de Friso Aplicado

Operación de Simetría de Friso



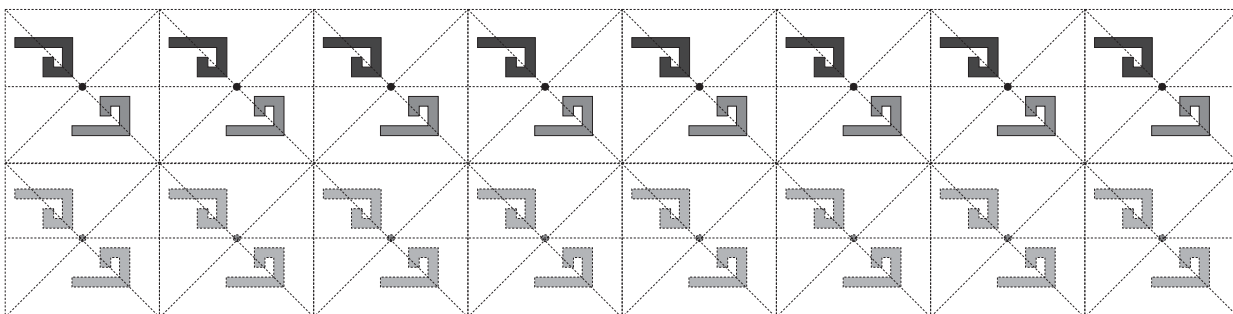


FRISO DEL GRUPO 2 (A doble banda)



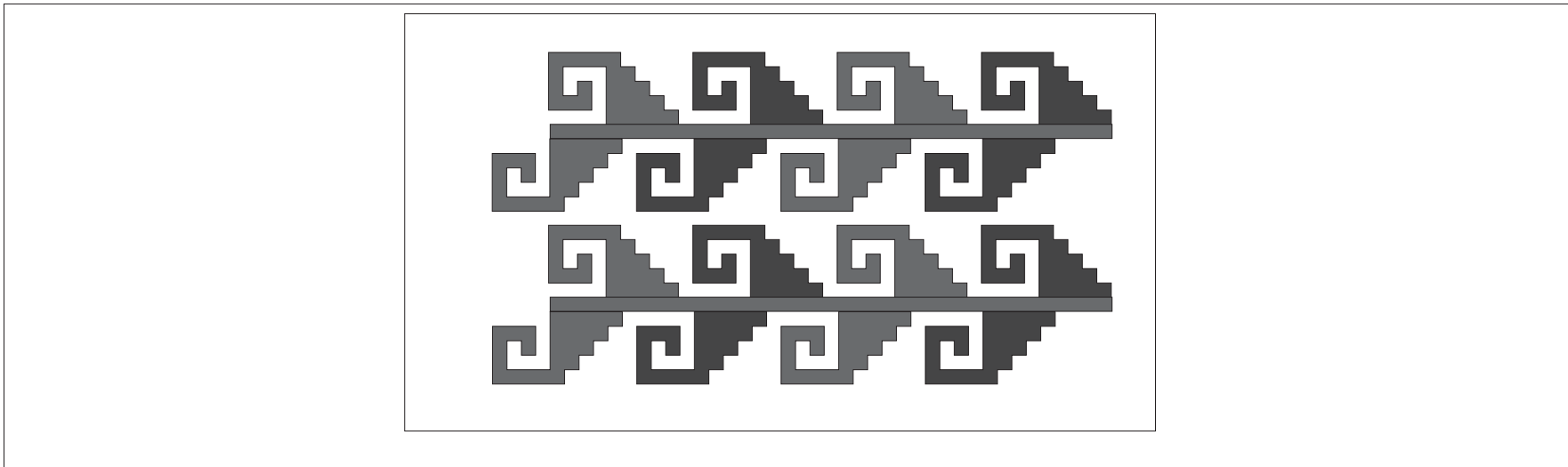
Patrón	Operación	Friso Generado	Operación de Friso Aplicado

Operación de Simetría de Friso (A doble banda)

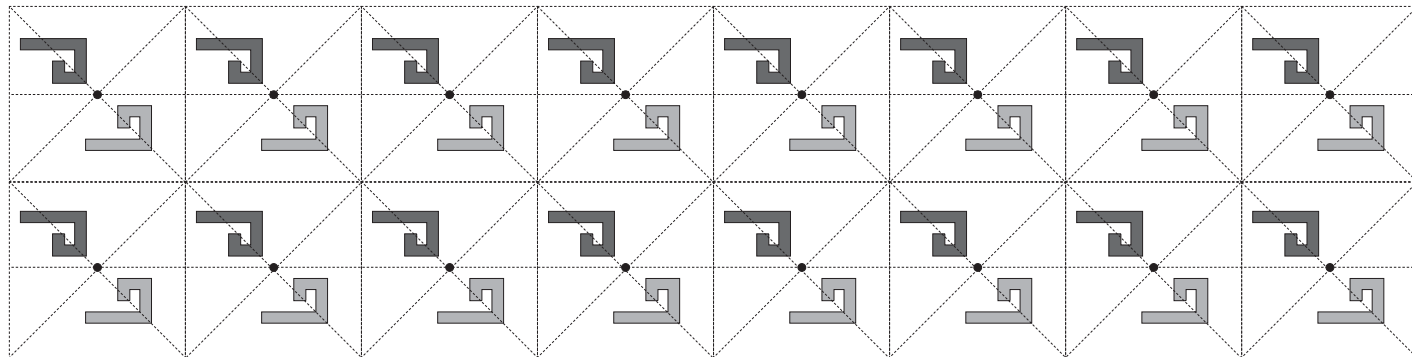




FRISO DEL GRUPO 2 (A doble banda)

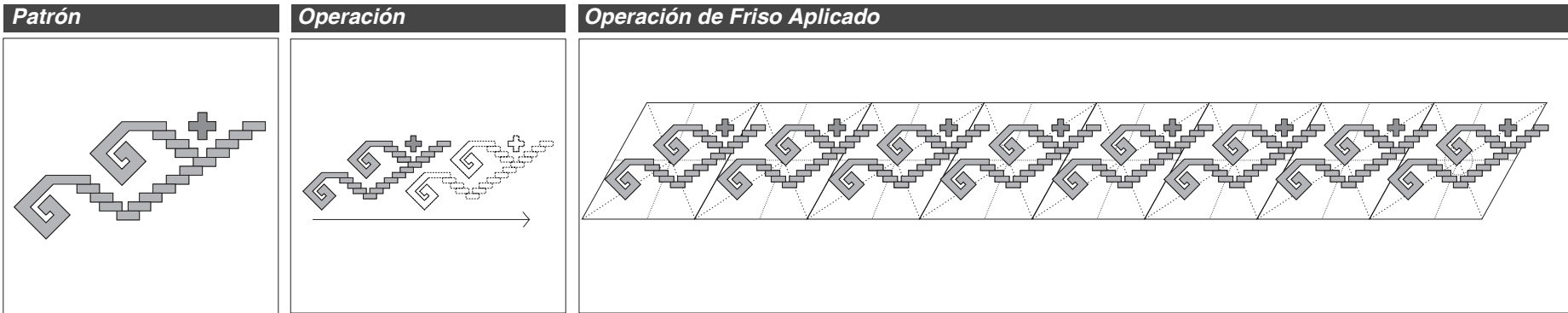
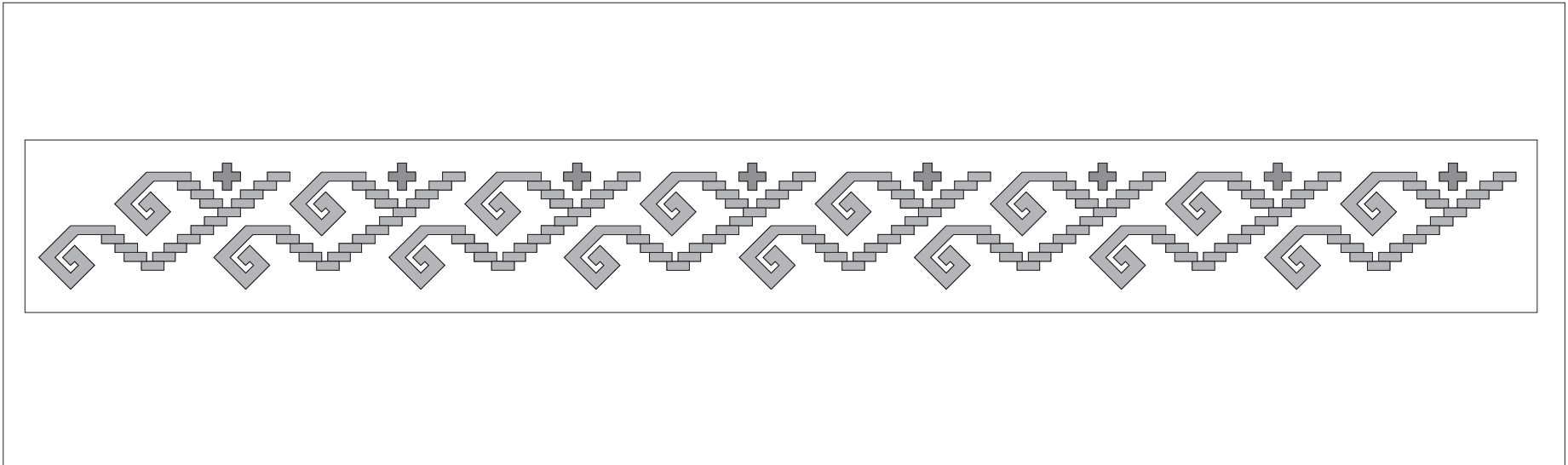


Patrón	Operación	Friso Generado	Operación de Friso Aplicado

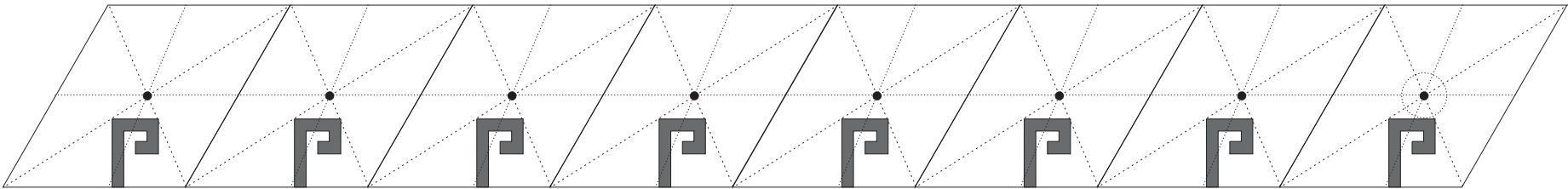




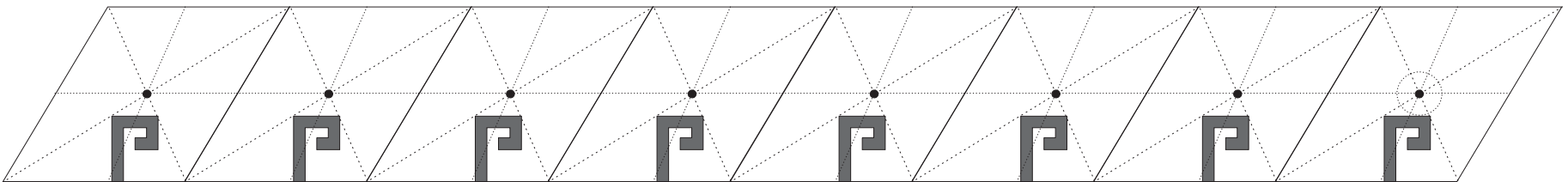
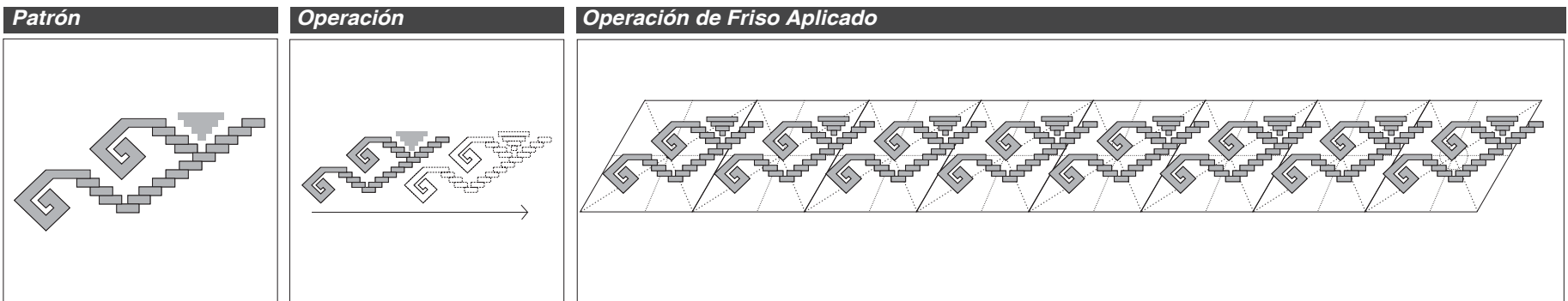
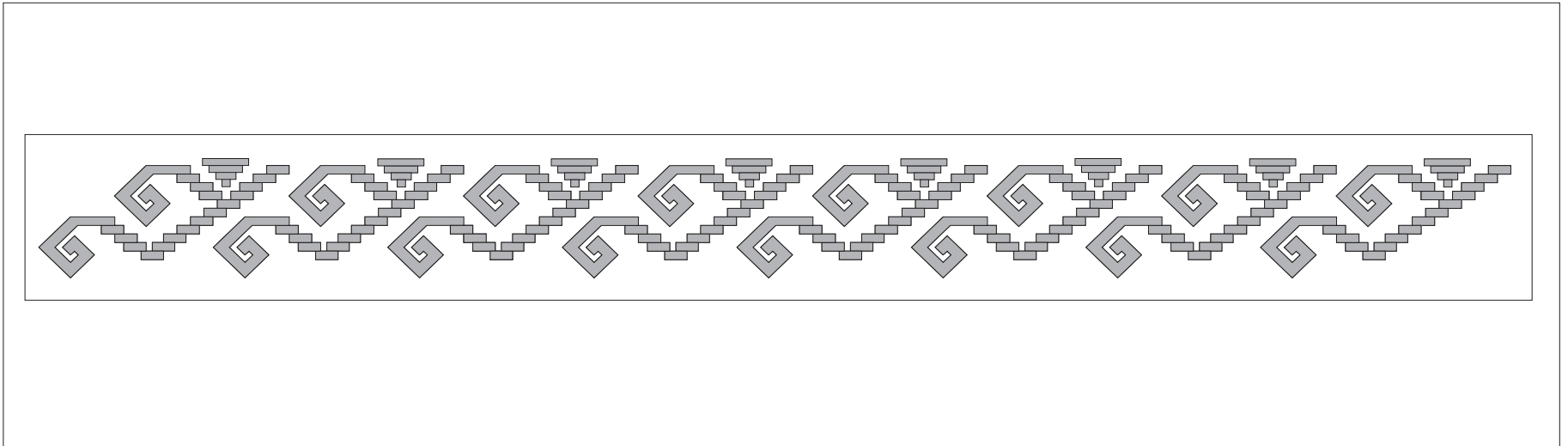
FRISO DEL GRUPO 1 (En reflexión)



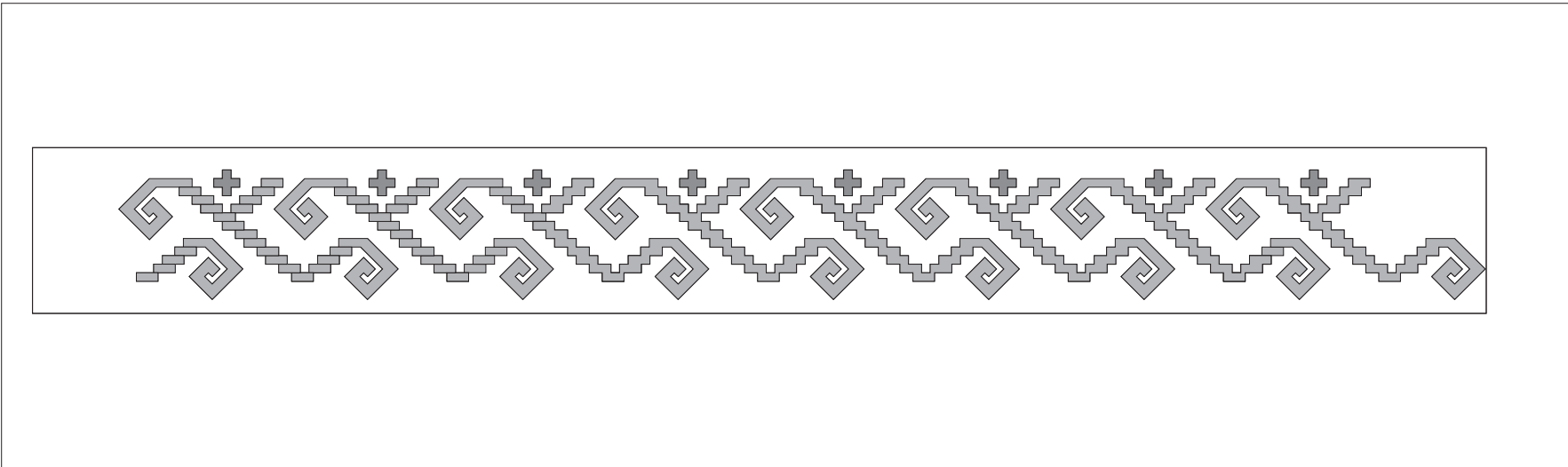
Operación de Simetría de Friso



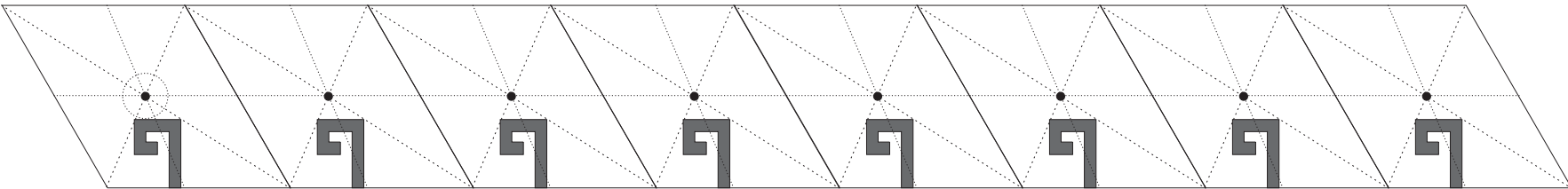
FRISO DEL GRUPO 1 (En reflexión)



FRISO DEL GRUPO 1 (En reflexión)

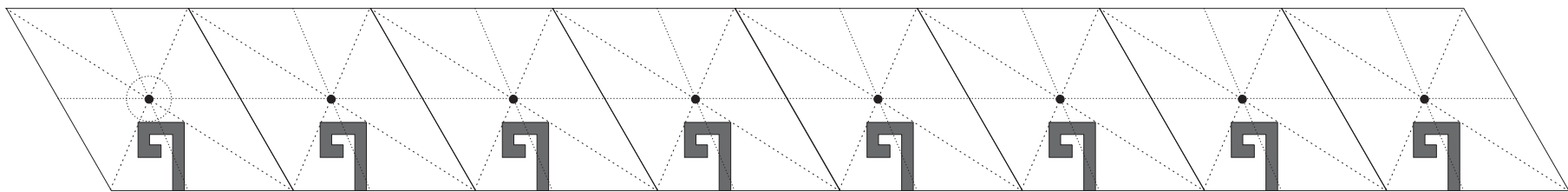
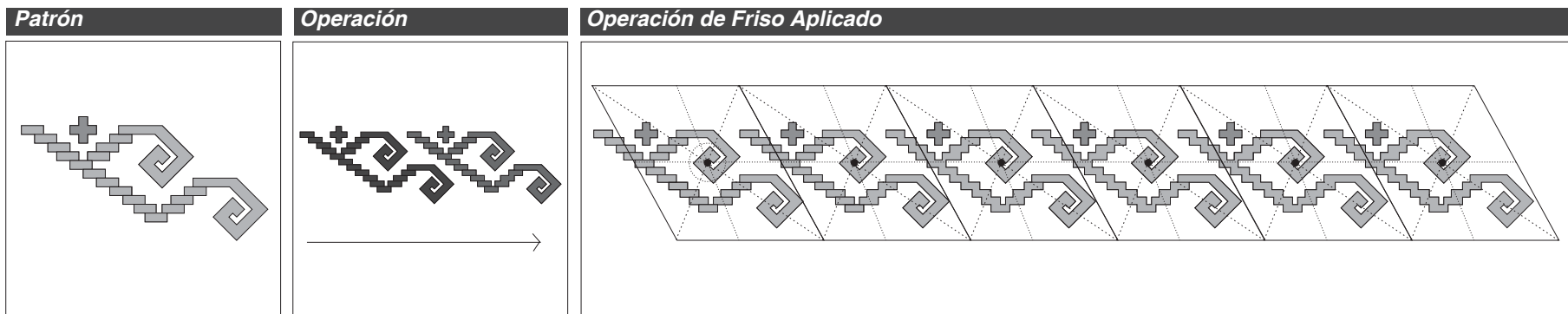
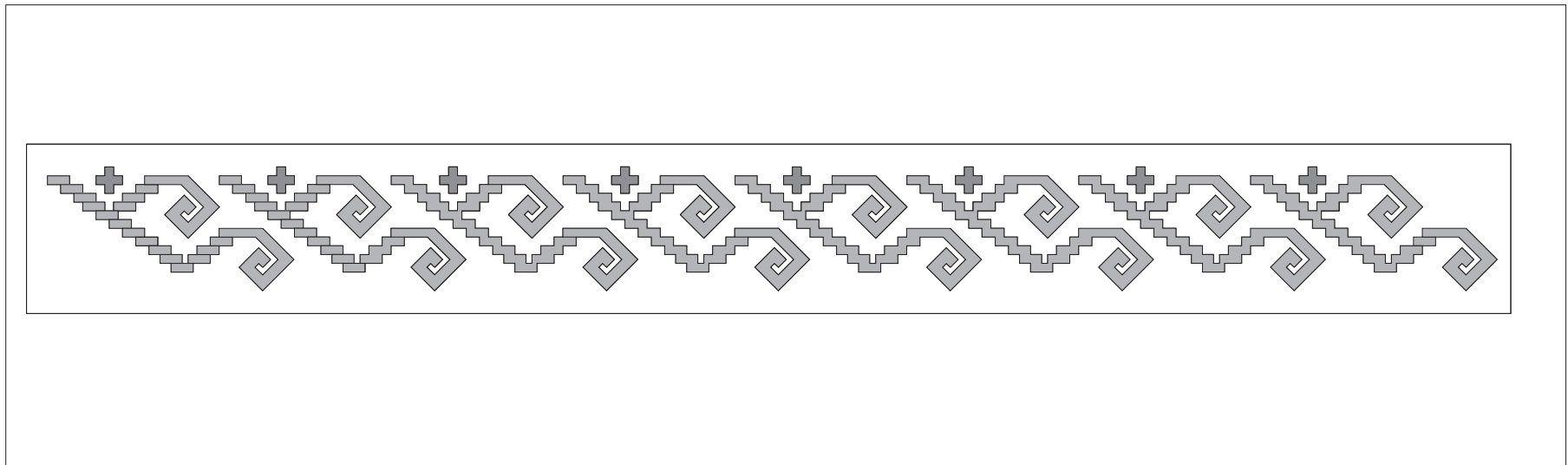


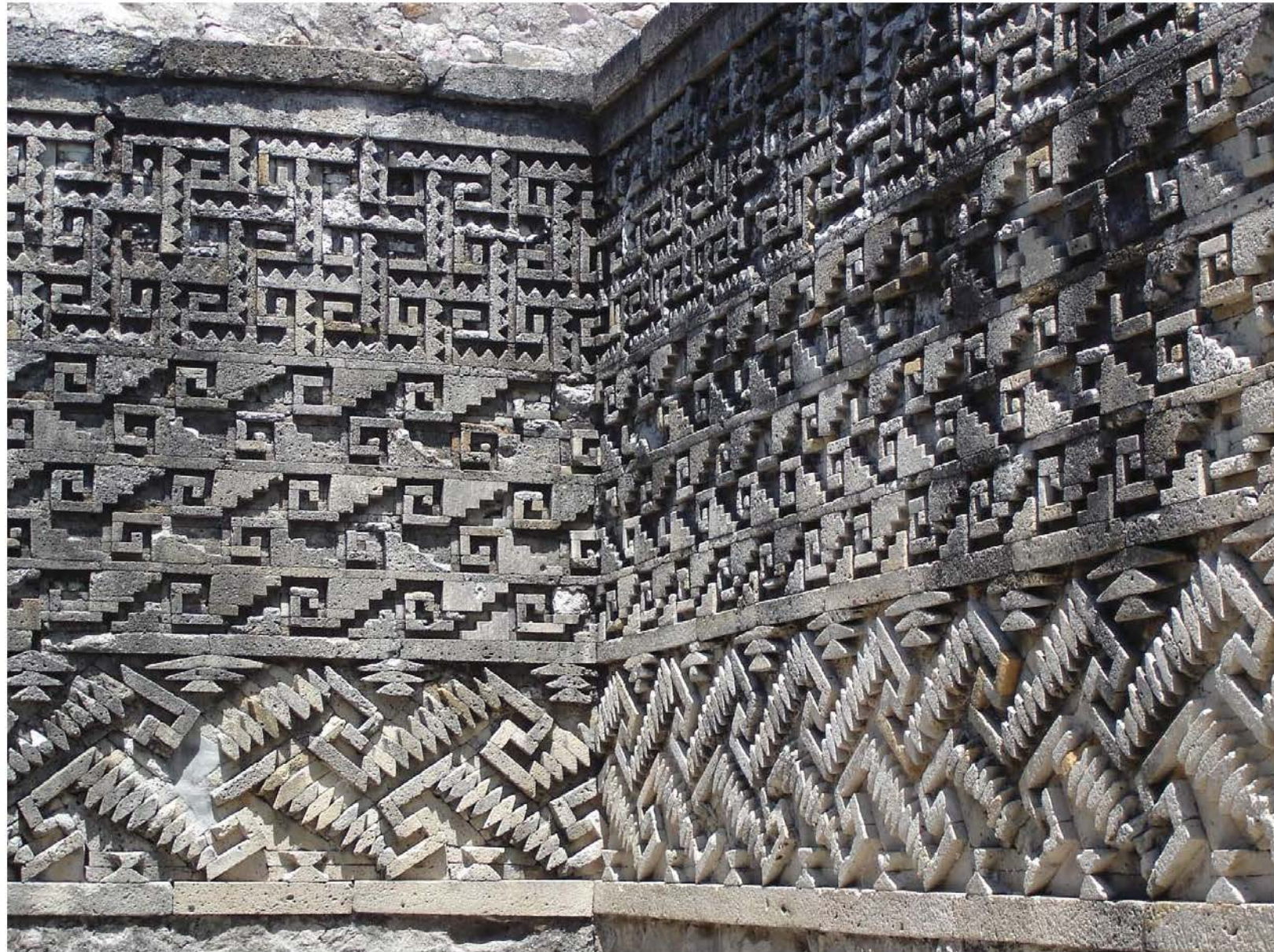
Patrón	Operación	Operación de Friso Aplicado



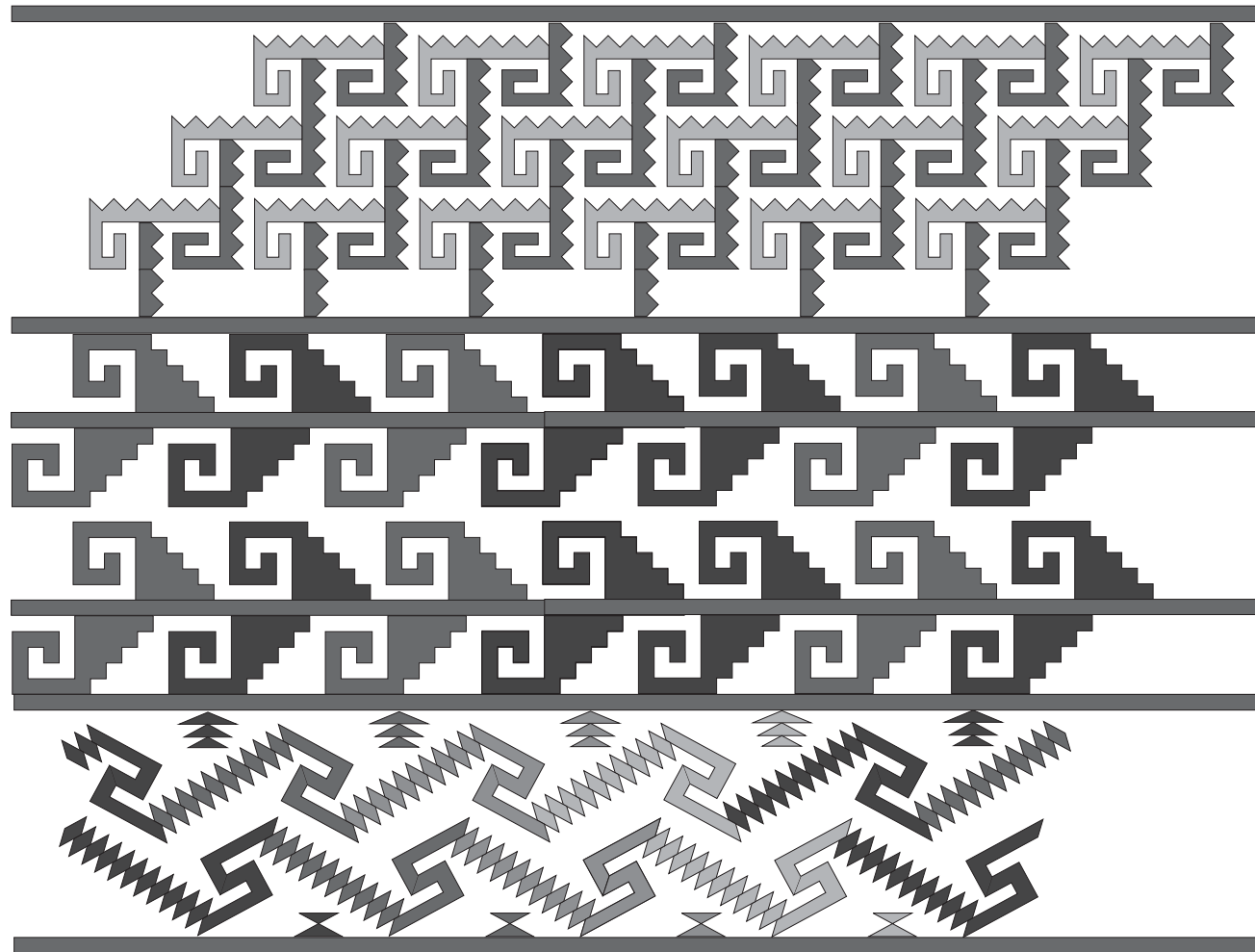


FRISO DEL GRUPO 1 (En reflexión)





PRINCIPIOS DE UN DISEÑO EN PLANO



Conclusiones

La realización de esta tesis en investigación da como resultado que el manejo de los patrones de simetría en las matemáticas, en específico, de la geometría, nos pueden dar herramientas en los métodos de diseño aplicados al diseño arquitectónico. El estudio de las operaciones de simetría en la Arquitectura de Mitla vincula el conocimiento de la geometría con la arquitectura y aporta las herramientas para diseñar fachadas, pavimentos aplicables a proyectos arquitectónicos. Aporta principios matemáticos que el arquitecto debe conocer para diseñar objetos arquitectónicos con geometría exactas.

En el desarrollo de este trabajo de investigación, el lector puede conocer el avance científico que estas culturas mesoamericanas lograron a través de sus conocimientos expresados en el diseño de su arquitectura por medio de estas matemáticas, de geometrías exploradas y utilizadas para su arquitectura, esto aplicado en la actualidad puede ser de utilidad (para el que a sí lo considere), en marcarle principios, caminos por los cuales seguir, al construir una arquitectura nacional, basada en este tipo de arquitecturas mesoamericanas. Cabe señalar que la exploración aún continúa, puesto que el conocimiento científico, artístico, se extiende a otras culturas mesoamericanas. Su análisis podrá aportar herramientas para los métodos de diseño en la arquitectura (no sólo en la configuración de fachadas y pavimentos, sino también en diseño de plantas arquitectónicas) manejando un repertorio de posibilidades en las simetrías de éstas.

Bibliografía Consultada

García-Salgado Tomás, *Teoría del Diseño Arquitectónico*, México, TGS-UNAM, 2007, Edición en Prensa.

Primera edición 1978, ENA, UNAM,

Segunda edición, 1980, ENA, UNAM,

Tercera edición, 1986, FA, UNAM,

Cuarta edición (primera publicada por editorial Trillas, S.A. de C.A)

Hernández Romo Rosa Elba, *Estudio de las 17 operaciones de simetría, algunos ejemplos en arquitectura y entramados decorativos*, México, F.A UNAM 2006.

Kubler, *Arte y Arquitectura de la América precolonial*, México, Manuales Arte y Cátedra, 1962.

Fernández Adela, *Diccionario ritual de voces nahuas*, México, Panorama, 1985, pp. 70-71.

Hulsey Shirley S, *A visual analysis and catalogue of the architectural frieze patterns on the superterrestrial structures at Mitla Oaxaca*, Instituto de Investigaciones Históricas, 1970, UNAM.

Marquina Ignacio, *Arquitectura Prhispánica, Memorias del INAH*, México, 1957.

Referencia en línea

http://en.wikipedia.org/wiki/Frieze_group

<http://www.geocities.com/atlantid01mx/oaxaca/mitla.htm>

<http://www.clarku.edu/~djoyce/wallpaper/seventeen.html>

<http://www.york.ac.uk/depts/math/symmetry/>

<http://www.ourmexico.com/story.php?storyID=9>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Friso>

<http://www.perspectivegeometry.com>

<http://aulex.ohui.net/nah-es/>

Revistas

Cf. García Salgado Tomás, “La perspectiva como ciencia de la visión creativa”, *Asinea*, Núm. XXIII (Culiacán, Sinaloa, noviembre de 2003), pp. 52, 53 y 55.

Artículos

Bronowsky Jacob, “Science in the New Humanism”, *Leonardo*, 18, pp. 256-269

ANEXO FOTOGRAFICO

El siguiente anexo fotográfico, forma parte del material que sirvió para argumentar las hipótesis descritas en la página 21, la clasificación de los frisos y para el resto de la tesis, debido a su extenso número se han presentado aquí, en un apartado especial, para que el lector pueda consultarlo y comprender mejor lo que está escrito en este trabajo. El total de las imágenes abarcan la cantidad de 269 fotografías, en total se tomaron 300, sólo las más importantes se presentaron en este anexo.



1



4



8



12



5



9



13



2



6



10



14



3



7



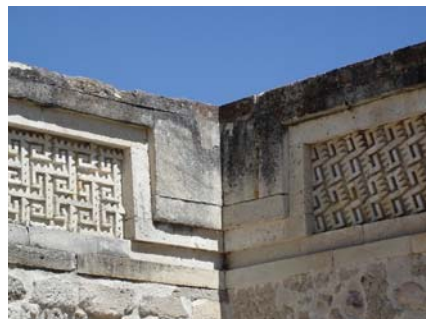
11



15



16



20



24



28



17



21



25



29



18



22



26



30



19



23



27



31



32



36



40



44



33



37



41



45



34



38



42



46



35



39



43



47



48



52



56



60



49



53



57



61



50



54



58



62



51



55



59



63



64



68



72



76



65



69



73



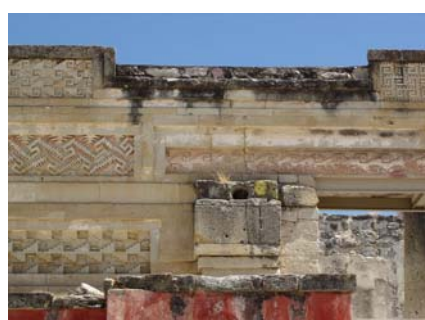
77



66



70



74



78



67



71



75



79



80



84



88



92



81



85



89



93



82



86



90



94



83



87



91



95



96



97



98



99



97



98



99



100



101



102



103



104



105



106



107



108



112



116



120



109



113



117



121



110



114



118



111



115



119



121



124



128



132



122



125



129



133



126



130



134



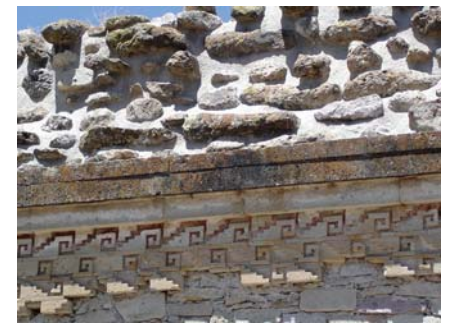
123



127



131



135



136



140



144



148



137



141



145



149



138



142



146



150



139



143



147



151



152



156



160



164



153



157



161



165



154



158



162



166



155



159



163



167



168



172



176



180



169



173



177



181



170



174



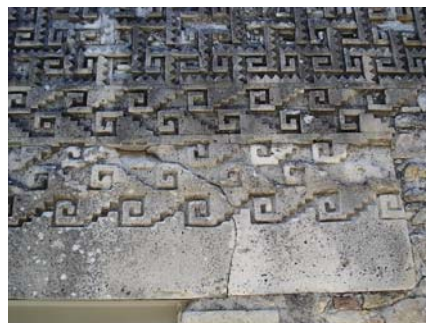
178



182



171



175



179



183



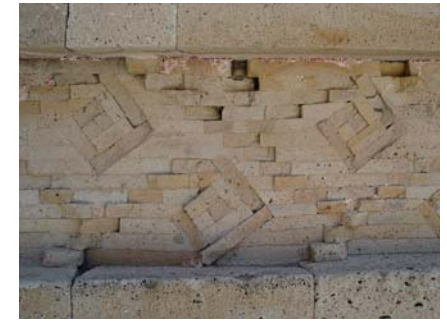
184



186



188



192



189



193

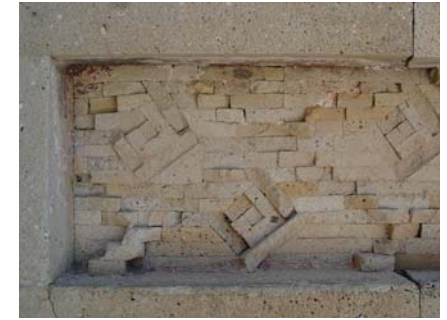
185



187



190



194



191



195



196



199



202



205



197



200



203



206



198



201



204



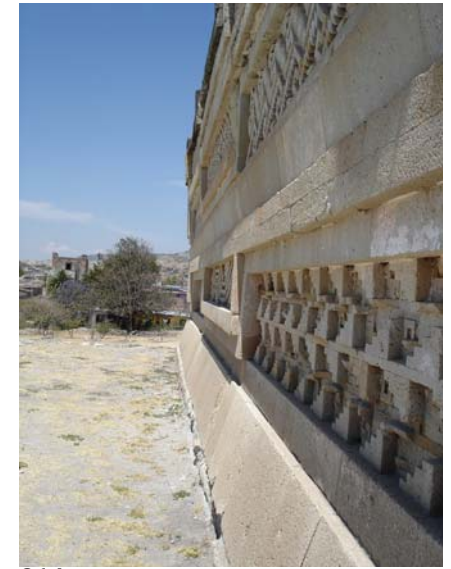
207



209



212



214

208



210



213



215



211



216



217



218



219



220



221



222



223



224



225



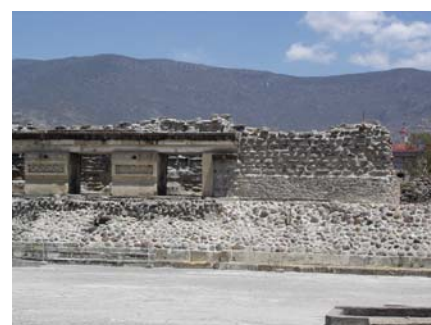
226



227



228



229



230



232



235



239



233



236



240



231



234



237



241



238



242



243



247



251



255



244



248



252



256



245



249



253



257



246



250



254



258



259



263



267



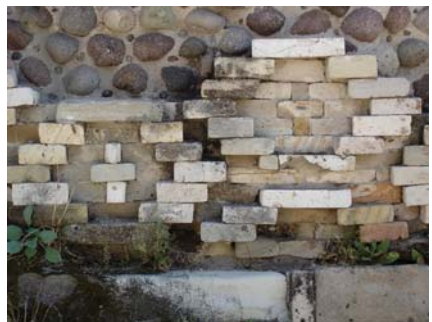
269



260



264



261



265



262



266



268