

**SIMETRÍA DE LAS PINTURAS DEL CLAUSTRO
MUDÉJAR DEL MONASTERIO DE LA RÁBIDA**
Un ejemplo didáctico para la enseñanza de la Cristalografía.

Juan Carlos FERNÁNDEZ CALIANI*
Ana REQUENA ABUJETA**

*Dep. Cristalografía y Mineralogía.
Facultad de Ciencias Experimentales.
Campus Universitario de La Rábida.

**Dep. Geología y Minería.
Escuela Universitaria Politécnica.
Campus Universitario de La Rábida.

INTRODUCCIÓN

El concepto de *simetría* es conocido por todos, al menos intuitivamente. Se dice que una figura u objeto tiene simetría si puede ser dividido en partes iguales, que se corresponden por medio de una reflexión especular, rotación alrededor de un eje, inversión a través de un punto, o alguna combinación de estas operaciones, denominadas operaciones de simetría.

El conocimiento de las propiedades de simetría de un objeto finito se debe abordar, en primer lugar, describiendo sus elementos de simetría (planos, ejes, y centros de simetría), entendiéndose como tales el

lugar geométrico de los puntos que quedan invariantes al aplicar una operación de simetría. El conjunto de estos elementos es el *Grupo Puntual de Simetría* o *Simetría Puntual*.

En los dibujos constituidos por motivos que se repiten periódicamente, hay que describir los elementos de simetría espacial del diseño periódico, es decir su *Grupo Espacial de Simetría*, el cual incluye, además de los elementos de simetría puntual, la *traslación*, elemento esencial de los modelos periódicos, y la combinación de ésta con los movimientos de rotación o reflexión (*ejes helicoidales* y *planos de deslizamiento*, respectivamente).

Los grupos espaciales pueden ser unidimensionales (*grupos de bandas*) o bidimensionales (*grupos planos*), según el motivo se repita en una o dos direcciones, respectivamente. Estos sistemas periódicos se encuentran en numerosas manifestaciones artísticas (pinturas, mosaicos, ornamentos arquitectónicos, dibujos cerámicos, bordados y encajes, etc.), y son relativamente fáciles de visualizar aplicando un método de identificación rápido y sencillo (e.g. Besteiro, 1986; Rull, 1987).

Por lo tanto, la determinación de los grupos de simetría de bandas y planos, en algunos diseños ornamentales de nuestro entorno, o tomados de la bibliografía de Historia del Arte (e.g. Ainaud, 1952), tradicionalmente se utiliza como recurso didáctico en la enseñanza de la Cristalografía Geométrica (Besteiro y Osacar, 1985; Besteiro et al. 1988), para comprender mejor la periodicidad tridimensional y la simetría de la materia cristalina.

En este trabajo se analizan los grupos de bandas y los grupos planos de las pinturas del claustro del monasterio de La Rábida, con la finalidad de caracterizar los diseños ornamentales mediante el reconocimiento visual de la periodicidad y de la simetría. Al mismo tiempo, se pretende desarrollar una experiencia didáctica que puede servir de estímulo para introducir a los interesados en el estudio de los retículos cristalinos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS PINTURAS

Las galerías del claustro mudéjar del monasterio de La Rábida, en su planta inferior, presentan un friso de unos 2,5 m de altura con pinturas al fresco del siglo XV. Desde el punto de vista estilístico y téc-

nico corresponden a las últimas manifestaciones de la pintura medieval española (Pinilla, 1976), aunque han sido objeto de varias restauraciones no muy afortunadas, como la última de 1978-79, realizada por los alumnos de la Escuela de Bellas Artes de Sevilla. En efecto, se observan con claridad algunas diferencias importantes entre los motivos decorativos originales y la restauración.

Desde abajo hacia arriba, el friso consta de las siguientes partes superpuestas en vertical: a) zócalo; b) entrepaño; c) cornisa; y d) crestería.

El *zócalo* es una representación de cajas o arquetas con morfología prismática cuadrangular, que se disponen en perspectiva. El *entrepaño* está compuesto por paneles o cuadros con dibujos de lacerías, típicos del estilo mudéjar, y motivos ornamentales inspirados en el arte gótico, como hojas, flores, etc. Los cuadros están enmarcados por un sistema de franjas o bandas con elementos decorativos. La *cornisa* está constituida por una serie de ménsulas góticas y coronada por una hermosa crestería, también de estilo gótico.

Los colores básicos empleados en las pinturas son: rojo vino, negro azulado, verde oliva, ocre amarillento y marfil; como colores derivados se usaron los tonos rosa fuerte, gris, ocre verdoso y ocre oscuro.

ANÁLISIS DE LOS GRUPOS DE BANDAS

En general, el análisis de las propiedades de simetría de los grupos de bandas requiere: 1º) fijar un motivo que se repita de forma periódica a lo largo de una sola dirección; 2º) definir el vector de traslación que une puntos equivalentes de motivos idénticos adyacentes; 3º) describir los elementos de simetría del diseño repetitivo; y 4º) asignar el grupo espacial de simetría.

Los únicos elementos de simetría que se pueden encontrar en los grupos de bandas son, además de la traslación (t), los planos de simetría (m), planos de deslizamiento (g) y ejes de rotación monaria (1) y binaria (2). Sólo existen 7 posibilidades distintas de combinar estos elementos, dando lugar a los 7 tipos conocidos de diseños unidimensionales o grupos de bandas*: $1t1$, $gt1$, $1t2$, $1tm$, $mt1$, gtm , y mtm .

En las pinturas del claustro de La Rábida están representados 5 grupos de bandas distintos ($1t1$, $1t2$, $1tm$, $mt1$ y mtm), localizados

en el zócalo, en la cornisa, en la crestería y en el sistema de franjas que constituyen los marcos del entrepaño.

El zócalo y la cornisa presentan una simetría unidimensional muy simple (Fig.1a y b), sólo poseen un eje de rotación monario (360°) o identidad, por lo que corresponde al grupo de banda **1t1**.

En el zócalo, si la cerradura de las arquetas estuviese dibujada en posición normal e invertida alternativamente, aparecería un elemento de rotación binaria (180°), y el grupo de banda resultante sería otro (**1t2**), provisto de mayor simetría. Con este ejemplo se pretende resaltar la importancia que tienen pequeñas modificaciones en los dibujos periódicos, alterando en gran medida las propiedades de simetría de los diseños ornamentales.

La crestería contiene, además de la identidad, un plano de simetría perpendicular a la dirección de traslación o repetición (Fig.1c), por lo tanto su grupo de banda es el **1tm**.

Los diseños ornamentales de las bandas que enmarcan los cuadros del entrepaño (Fig.2a, b y c) presentan una simetría más variada. Se ha identificado el grupo **1t2**, en el cual los motivos se sitúan en torno a un punto que coincide con un eje de rotación binario, perpendicular a la dirección de repetición. Además, en estas bandas se ha reconocido el grupo **mt1**, caracterizado por la presencia de motivos equivalentes a través de un plano de reflexión especular, en la dirección de la traslación.

Por último, la franja que separa las ménsulas góticas de la crestería (Fig.2d) presenta una simetría superior, perteneciente al grupo de banda **mtm**, es decir, posee dos planos de simetría perpendiculares entre sí, que condicionan automáticamente la existencia de un eje binario en la intersección de dichos planos.

ANÁLISIS DE LOS GRUPOS PLANOS

Para estudiar la simetría de los grupos planos o modelos bidimensionales, se procede de forma semejante al análisis de los grupos de bandas, pero en este caso hay que definir dos vectores de traslación en distintas direcciones, sobre cualquier punto de referencia del diseño.

Los vectores pueden ser iguales o distintos en módulo, aunque siempre deben unir los puntos idénticos más próximos e igualmente

orientados (puntos homólogos), delimitando un paralelogramo denominado celda unidad o fundamental.

En función de la morfología del paralelogramo, existen 5 tipos de celdas fundamentales (oblicua, rectangular, rectangular centrada o rómbica, cuadrada y hexagonal), cada una de las cuales se relacionan con una determinada simetría. Por otra parte, la celda puede ser primitiva (*p*) o centrada (*c*), de acuerdo con la distribución de los puntos de referencia, o sea, dependiendo de si el motivo repetitivo aparece sólo en los vértices del paralelogramo, o bien en los vértices y en el centro, respectivamente.

En los grupos planos se pueden encontrar los siguientes elementos de simetría: ejes de rotación monario (1), binario (2), ternario (3), cuaternario (4) y senario (6); planos de simetría (*m*) y de deslizamiento (*g*). Sin embargo, sólo existen 17 combinaciones posibles de estos elementos con los distintos tipos de celdas fundamentales, lo cual conlleva a 17 grupos espaciales de simetría bidimensional**: *p1* y *p2* (celda oblicua); *pm*, *pg*, *cm*, *p2mm*, *p2gg*, *p2mg* y *c2mm* (celdas rectangulares); *p4*, *p4mm* y *p4mg* (celda cuadrada); *p3*, *p31m*, *p3m1*, *p6*, y *p6mm* (celda hexagonal).

Los diseños ornamentales de tipo bidimensional que aparecen en el friso del claustro rabideño son menos variados desde el punto de vista geométrico, y únicamente se encuentran en los cuadros del entrepaño. En efecto, de los 17 grupos planos posibles, sólo están representados 3 grupos espaciales de simetría: *cm*, *p2mm* y *p4mm*.

Algunos cuadros están diseñados con motivos no repetitivos, que sólo presentan simetría puntual. Estos diseños no se han tenido en cuenta en este trabajo ya que carecen de periodicidad y, por consiguiente, no sirven de referencia para el estudio de la estructura de los cristales.

El diseño de la figura 3a posee una simetría correspondiente al grupo plano *cm*, es decir tiene una celda unidad rectangular centrada, con motivos idénticos en los vértices y en el centro. Como elementos de simetría incluye, además de las traslaciones, un sistema de planos de reflexión paralelos.

En las figuras 3b y c los motivos están relacionados por los mismos elementos de simetría que en el diseño anterior, sin embargo la

celda centrada no es rectangular, sino cuadrada. Esto supondría la existencia de ejes cuaternarios que no están presentes en el dibujo, lo cual implica que la simetría es incompatible con el tipo de celda. No obstante, de acuerdo con sus propiedades de simetría se han asignado al grupo cm , si bien no es un modelo de red periódica propio de los cristales.

El grupo plano $p2mm$ está presente en el diseño de la figura 4a. Se caracteriza por una celda unidad rectangular con motivos idénticos situados en los vértices. En este caso, los elementos de simetría representativos son ejes binarios y planos de reflexión dispuestos perpendicularmente entre sí.

Los diseños que presentan mayor simetría (Figs.4b,c y 5) poseen una celda unidad primitiva con morfología cuadrada, y corresponden al grupo espacial $p4mm$. Se trata de ejes de rotación cuaternaria, situados en los vértices de la celda, y dos juegos de planos de reflexión que se cortan formando un ángulo de 45° . La coexistencia de dichos ejes con los vectores de traslación y sus resultantes originan automáticamente ejes binarios en la mitad de las aristas y un eje cuaternario en el centro de la celda.

No obstante, en las figuras 4b y 5 se debe hacer algunas matizaciones importantes. Si la figura 4b se analiza con detalle, se observa que la orientación de los flecos en la intersección de los círculos es incompatible con el eje de rotación cuaternaria (4), en sentido estricto. Esta ligera modificación introduce un nuevo operador de simetría: el eje de antirrotación cuaternaria ($4'$), que hace corresponder motivos equivalentes mediante un giro de 90° , afectados por un cambio en la orientación. Así pues, su notación correcta sería $p4'mm$.

Asimismo, en la figura 5 el conjunto de lazos se cruzan alternativamente dando lugar a planos de antisimetría (m), por lo cual la notación de su grupo plano es $p4m'm'$. Este grupo particular es típico de las lacerías mudéjares.

APLICACION DIDÁCTICA

El cristal es un medio periódico y, por consiguiente, homogéneo y simétrico, que se caracteriza por la repetición ordenada de sus partículas constituyentes (átomos, iones o moléculas), formando un armazón tridimensional denominado *retículo cristalino*.

Para comprender la periodicidad y simetría de los sólidos cristalinos normalmente se necesita un gran esfuerzo de abstracción, debido a la complejidad intrínseca de las representaciones tridimensionales. Esos conceptos fundamentales son más fáciles de asimilar mediante el análisis de diseños uni y bidimensionales, cuyas propiedades se pueden extrapolar a los retículos cristalinos.

Los diseños ornamentales de las pinturas de La Rábida, como se ha visto antes, ofrecen buenos ejemplos de sistemas repetitivos periódicos, aplicables a la enseñanza de la Cristalografía Geométrica. Con este fin, el presente trabajo se puede utilizar como guía didáctica para una visita.

NOTAS

- * En esta notación convencional, a la izquierda del símbolo de la traslación (t) se coloca el elemento de simetría paralelo a la dirección de repetición, y a la derecha el elemento de simetría perpendicular a dicha dirección.
- ** Con esta notación se describe el tipo de celda, primitiva (p) o centrada (c), el orden de los ejes de rotación y aquellos planos de reflexión y deslizamiento que sean perpendiculares a la celda unidad.

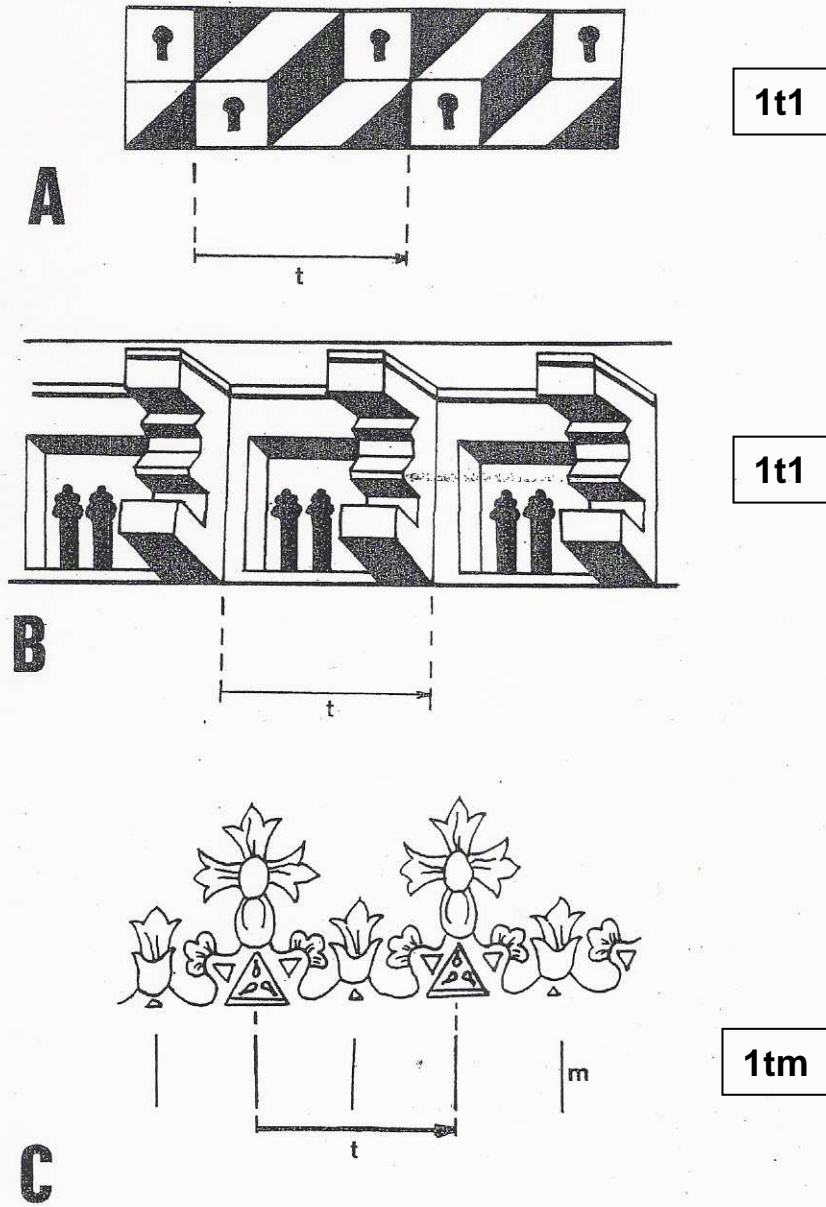


Figura 1.- Diseños unidimensionales del zócalo (A), cornisa (B) y crestería (C), con indicación del parámetro de traslación (t), los elementos de simetría y el grupo de bandas correspondiente.

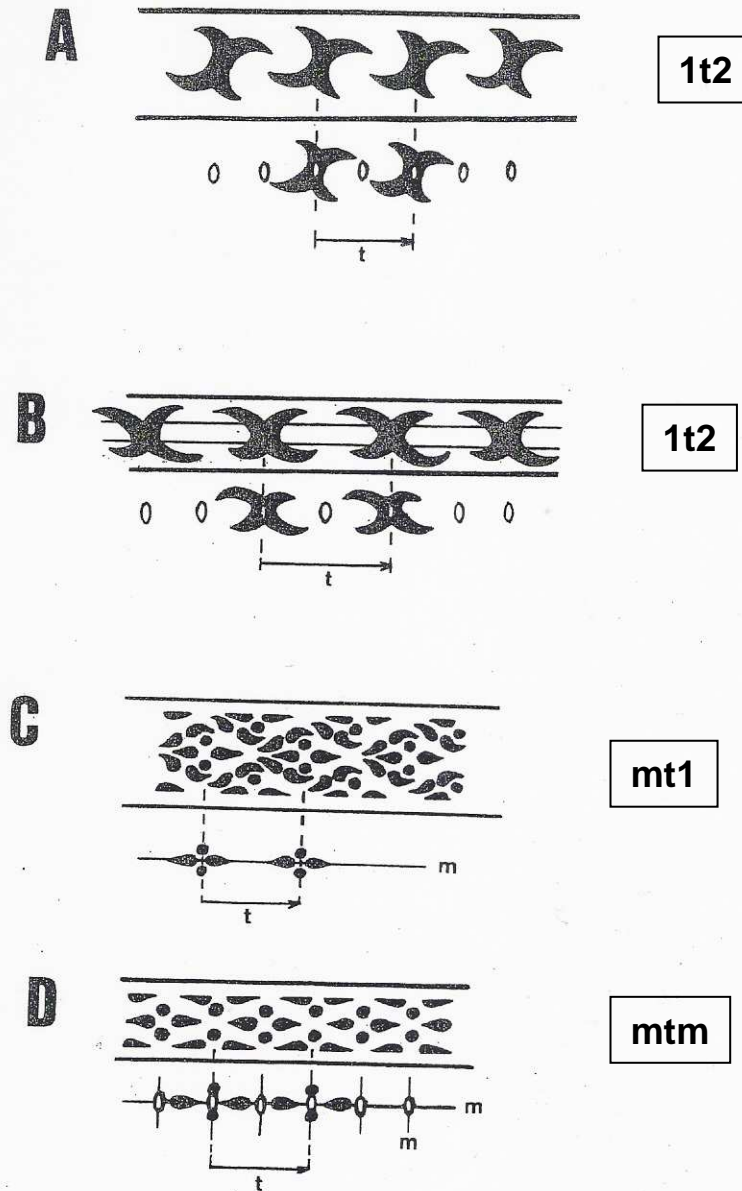


Figura 2.- Grupos espaciales unidimensionales del sistema de franjas que decoran el entrepaño.

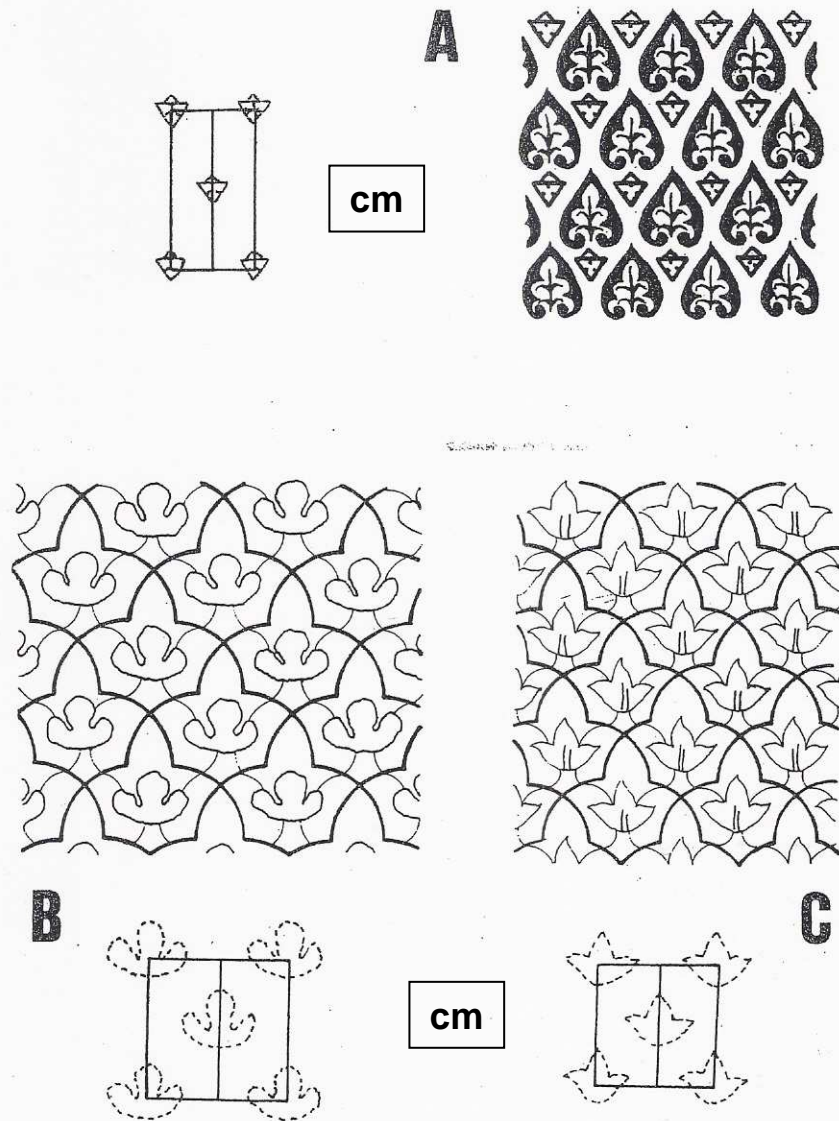


Figura 3.- Diseños bidimensionales asignados al grupo plano **cm** con indicación de la celda unidad y sus elementos de simetría.

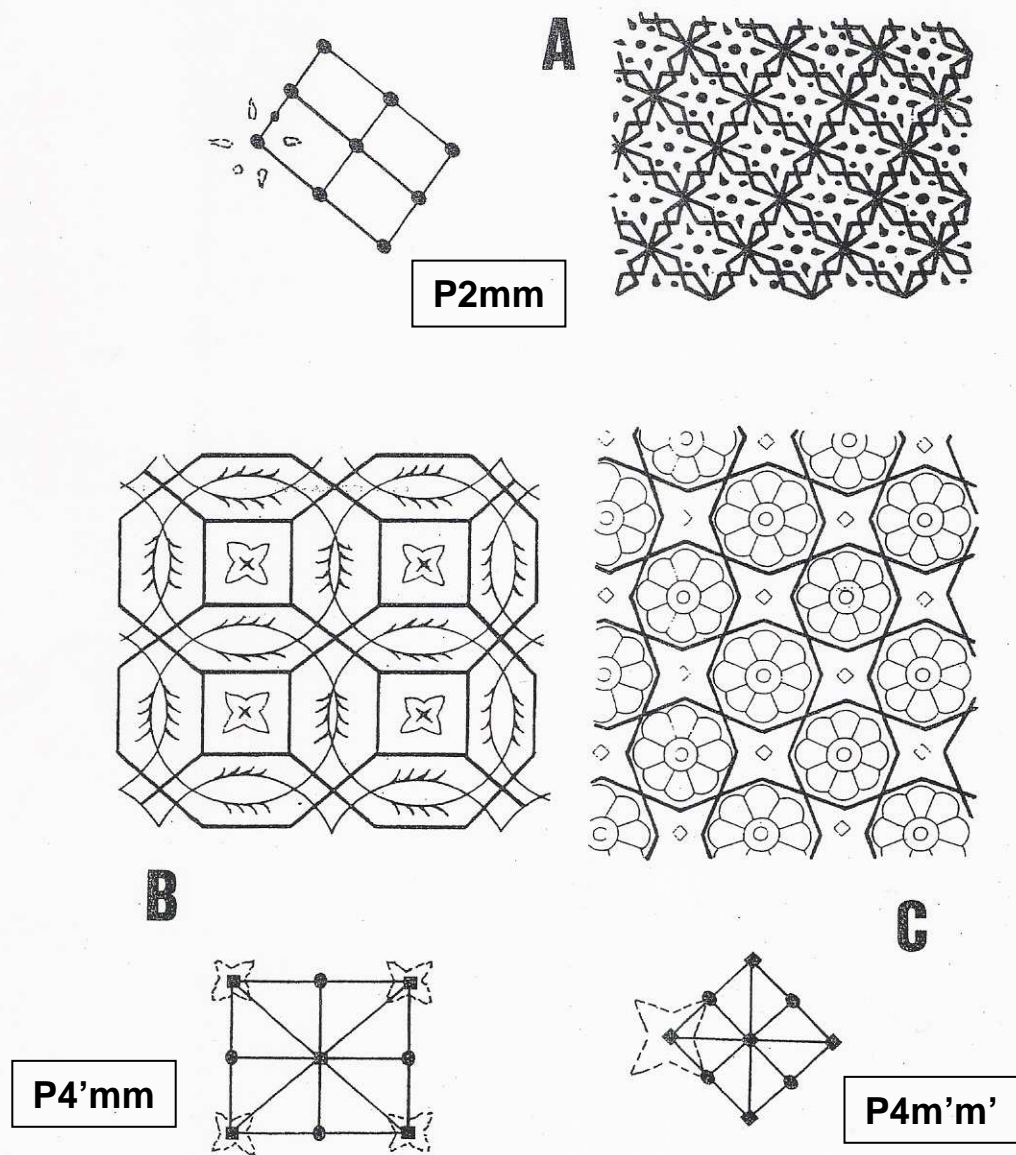
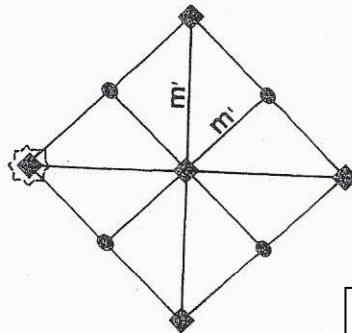
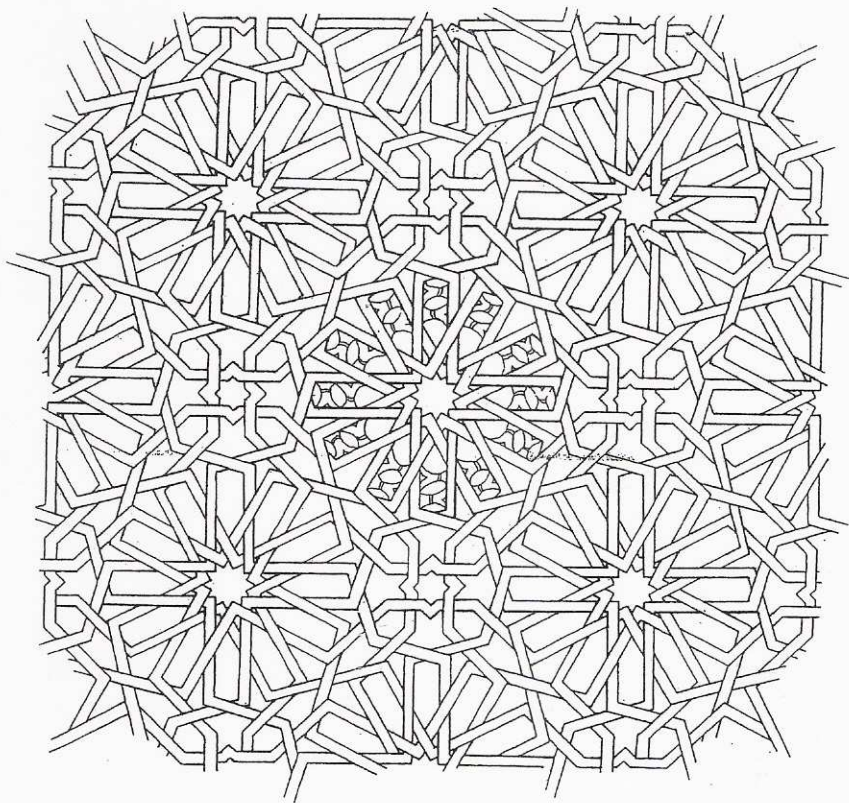


Figura 4.- Diseños planos pertenecientes al grupo **p2mm** (A) y **p4mm** (B y C), con indicación de la celda unidad y sus elementos de simetría.



P4m'm'

Figura 5.- Lacería mudéjar con representación de la red plana y los elementos de simetría correspondientes al grupo espacial

BIBLIOGRAFÍA

AINAUD, J. (1952): «Cerámica y Vidrio». *Ars Hispaniae*, Ed. Plus Ultra, Madrid.

BESTEIRO, J. (1986): «Representaciones simétricas en las lacerías mudéjares de Aragón». En: *Actas III Simposio Internacional de Mudejarismo*, Teruel, Instituto de Estudios Turolenses, pág.459-469.

BESTEIRO, J. y OSACAR, M.C. (1985): «Simetría en el arte y su aplicación en la enseñanza de la Cristalografía». *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, vol.8, pág.421-433.

BESTEIRO, J., OSACAR, M.C. y SANFELIU, T. (1988): «Utilización de diseños ornamentales en la enseñanza de la Cristalografía». *Henares*, Rev. de Geología, nº 2, pág.331-343.

PINILLA, E. (1976): *Pinturas medievales de La Rábida. Su conservación*. Huelva, Instituto Estudios Onubenses Padre Marchena, 47 págs.

RULL, F. (1987): *Estudio de las propiedades de simetría de los bordados y encajes en la región de Castilla y León*. Valladolid, Instituto de Ciencias de la Educación, 77 págs.