

Modelos tridimensionales para ilustrar las catorce redes de Bravais: una alternativa para el estudiante¹

Aarón Pérez-Benítez,² Isidoro García Cruz y Enrique González-Vergara³

Introducción

Un problema común en la enseñanza de la cristalografía está asociado con la representación bidimensional de estructuras tridimensionales. Es bien conocido que no todos los estudiantes son capaces de visualizar estructuras en tres dimensiones cuando éstas se representan en dos. Este problema podría resolverse mediante el uso de modelos de redes cristalinas; sin embargo, este recurso no es viable para la mayoría de los estudiantes debido al costo elevado de los mismos. Además, la producción en México de modelos para la enseñanza de la química es casi inexistente.

Habiendo visualizado este problema, en este trabajo presentamos una alternativa económica y de fácil construcción de modelos tridimensionales de las catorce redes de Bravais, cuyo estudio es básico en los cursos de Química y Física del Estado Sólido. Desde nuestro punto de vista, el proceso de construcción de los modelos es por sí mismo un recurso pedagógico, puesto que durante su elaboración se hace hincapié en los parámetros de las redes cristalinas.

Descripción de las catorce redes de Bravais

La unidad estructural de una red espacial tridimensional es un paralelepípedo llamado celda unitaria, cuyos parámetros se encuentran descritos en la figura 1; donde a , b y c son las longitudes de las celdas unitarias y α , β y γ son los ejes interaxiales (Mendoza, 1985; Ander, 1982).

A las siete posibles combinaciones de estos parámetros

(1) Este trabajo forma parte del proyecto "Material didáctico para la enseñanza de la química", que cuenta con el apoyo de la SEP (Convenio No. C90-06-0317).

(2) Unidad de Investigación en Síntesis Orgánica, Escuela de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Puebla. Apdo. Postal 1613, Puebla, Pue.

(3) Departamento de Química del Instituto de Ciencias, UAP.

Recibido: 10 de septiembre de 1990; Aceptado: 21 de enero de 1991.

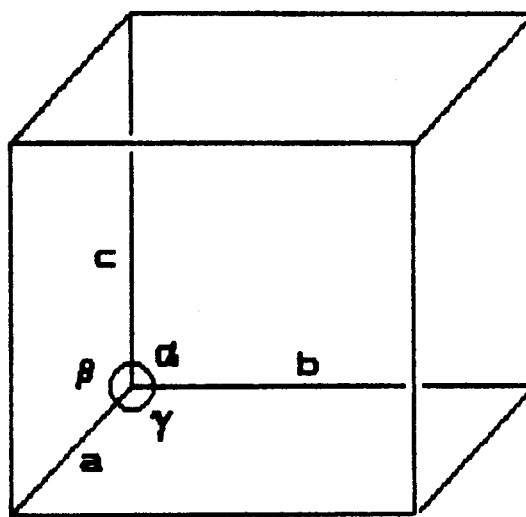


Figura 1. Parámetros de la celda unitaria.

que cumplen con la condición de una red espacial⁴ se les conoce como *sistemas cristalinos* (Tabla 1).

Tabla 1. Los siete sistemas cristalinos.

Sistema cristalino	Parámetros de red	
	longitudes	ángulos
Cúbico	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90$
Romboédrico	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90$
Tetragonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90$
Hexagonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90, \gamma = 120$
Ortorrómbico	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90$
Monoclínico	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = 90 \neq \gamma$
Triclínico	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90$

(4) Cada punto de la red debe estar rodeado exactamente por el mismo medio ambiente que cualquier otro punto que represente al átomo o ion.

Si se continúan agregando puntos a cada sistema cristalino, se observa que solamente siete nuevas estructuras cumplen los requisitos de simetría de la red en cuestión (Kittel, 1956). A todo este conjunto se le conoce como las catorce redes de Bravais, las cuales se ilustran en la figura 2 (Chang, 1986).

Construcción del modelo

En la construcción de un modelo, la elección del material es un punto clave (Lidston, 1978). Nosotros encontramos en la tela de alambre al material adecuado para nuestros propósitos: es económico, maleable y sus puntos de unión evitan la dificultad de soldar. La idea inicial fue construir estructuras "planas" (o matrices) que al doblarse nos produjeran estructuras tridimensionales. En la figura 3 se presenta un esquema del "desdoblamiento" del paralelepípedo elemental y las características que debe reunir la matriz como consecuencia del paralelismo, es decir, $BC=FG=EH=AD=a$; $CG=BF=AE=DH=b$ y $AB=FE=GH=CD=c$ (recuérdese que a , b y c son las longitudes de la celda unitaria).

Procedimiento

1. Sobre la tela de alambre (malla 0.5 cm) se marca el tipo de matriz requerida, de acuerdo con la Tabla 2 y la figura 4a, la cual difiere de la 3d en los segmentos

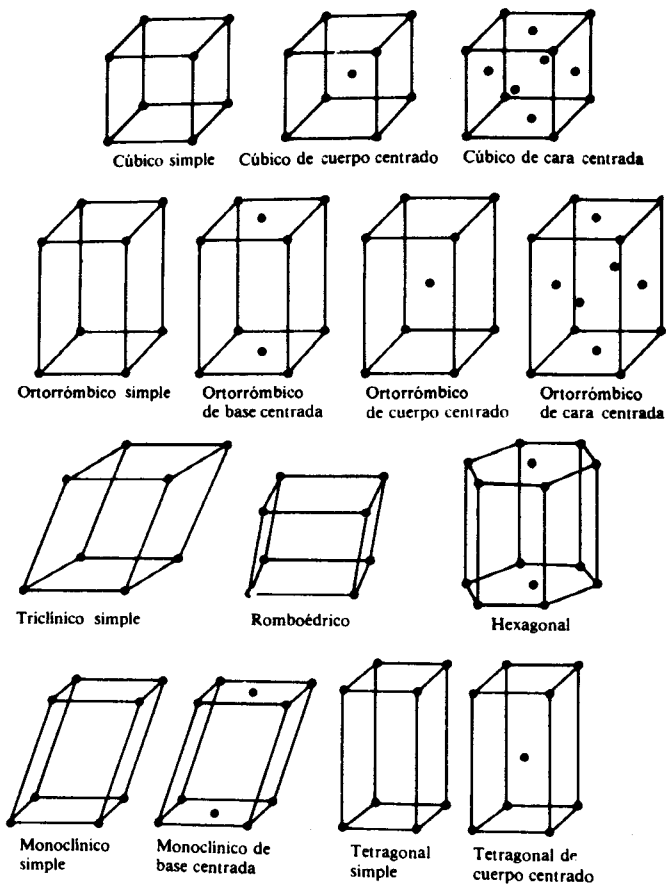


Figura 2. Las catorce redes de Bravais.

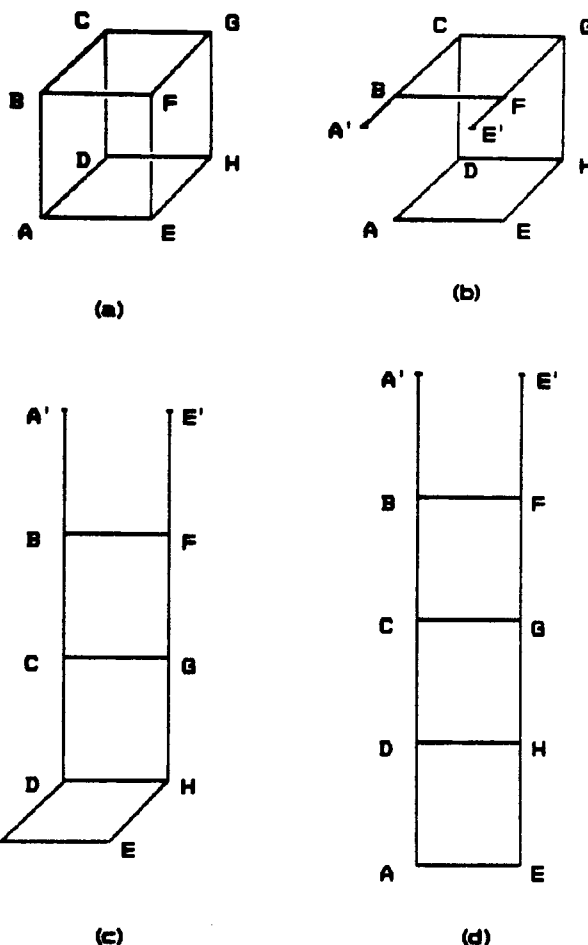


Figura 3. Desdoblamiento del paralelepípedo elemental.

A'A" y E'E'" (de 1 cm de longitud) que sirven para unir los puntos A' y E' con A y E, respectivamente. En la Tabla 2, los valores de a , b y c se asignaron "arbitrariamente", lo mismo que algunos de los valores de α , β y γ .

Tabla 2.

Sistema cristalino	Tipo de matriz	Parámetros de red					
		longitudes			ángulos		
		a	b	c	α	β	γ
Cúbico	1	5	5	5	90	90	90
Romboédrico	1	5	5	5	100	100	100
Tetragonal	2	5	5	5	90	90	90
Hexagonal	3	2.5	2.5	5	90	90	120
Ortorrómbico	4	5	3.5	7.5	90	90	90
Monoclinico	4	5	3.5	7.5	90	90	100
Triclinico	4	5	3.5	7.5	110	85	75

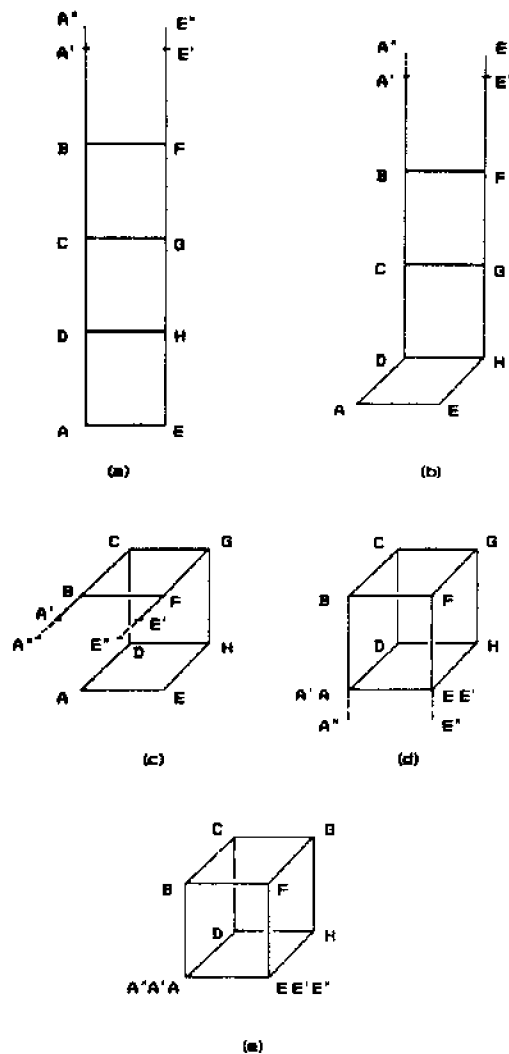


Figura 4. Elaboración de una red espacial a partir de una matriz.

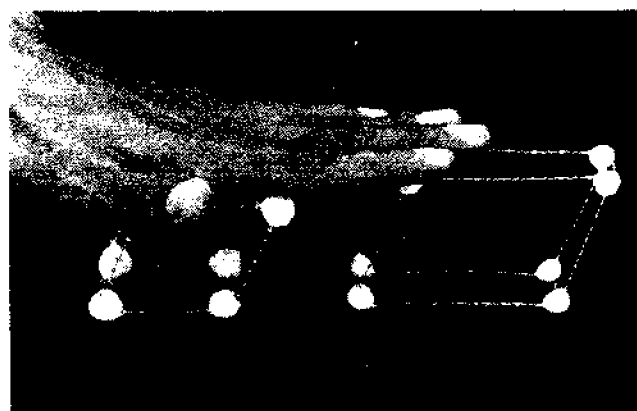


Figura 6. Construcción de redes con ejes no ortogonales.

2. Se corta alrededor de la parte marcada para obtener la matriz, usando pinzas para cortar alambre y guantes para proteger las manos.

3. Se efectúan los dobleces a 90 grados siguiendo la secuencia ilustrada en la figura 4b-e.

4. Se identifican los ángulos α , β y γ (según la figura 1), y en el caso de redes cuyos ejes son no ortogonales, se modifica el valor de los ángulos hasta el indicado en la Tabla 2. Este procedimiento se muestra en las figuras 5 y 6.

5. Se recubren los nodos con un material moldeable (plastilina o resina epóxica) y se les da forma esférica.

6. Para las redes centradas en la(s) cara(s) o en el cuerpo se cortan tramos de alambre galvanizado No. 22 y se insertan en las esferas adecuadas, a fin de lograr el centrado requerido. Posteriormente se recubre(n) el (los) punto(s) correspondiente a dicho centrado y se

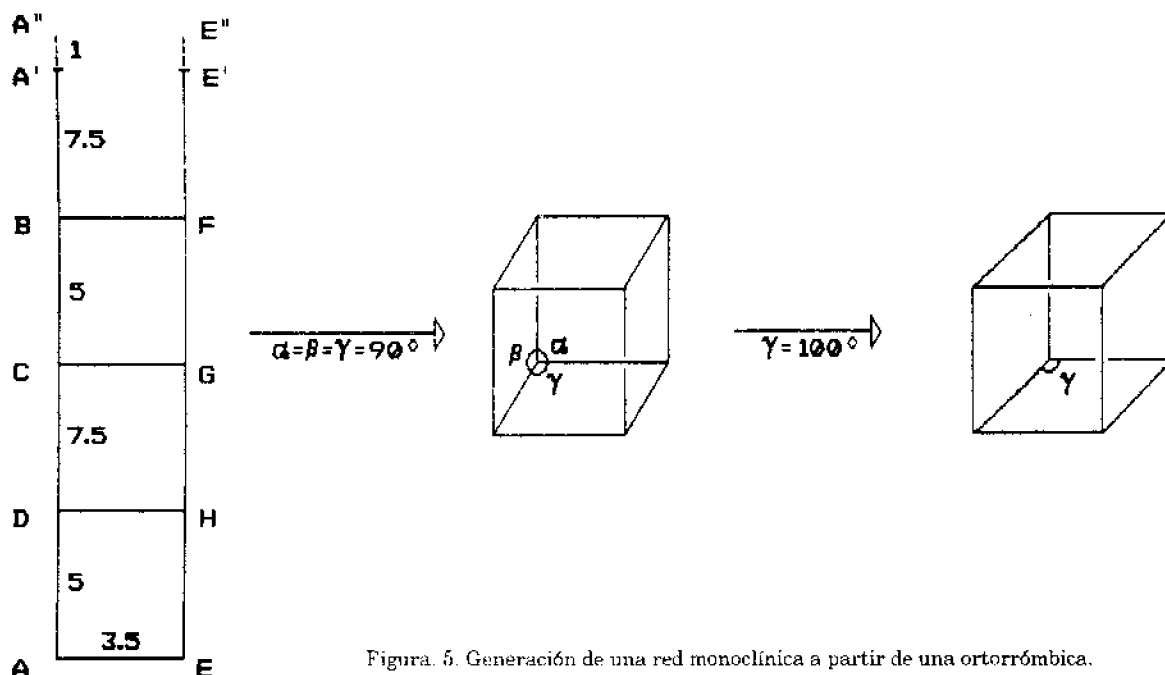


Figura 5. Generación de una red monoclinica a partir de una ortorrómbica.

moldea la esfera. En la figura 7 se muestran algunos modelos terminados.

Conclusiones

1. Los materiales usados son baratos y fáciles de conseguir.
2. La construcción de los modelos es relativamente sencilla e instructiva, por lo que puede llevarse a cabo como un taller de construcción de modelos.
3. El material es muy versátil y amplía las perspectivas de modelaje.
4. Este tipo de trabajos despierta en los estudiantes el interés por construir otros modelos que necesiten.

Bibliografía

- Ander, P. y Sonessa, A. J., *Principios de química: introducción a los conceptos teóricos*, 7a. Edición, Limusa, México 1982 p. 217-226.
- Chang, R., *Fisicoquímica con aplicaciones a sistemas biológicos*, CECSA, México, 1986.
- Kittel, C., *Introduction to Solid State Physics*, 2da. edición, John Wiley & Sons, Nueva York, 1956, cap. 3.
- Lidston, J., *Construcciones con alambre*, Kapelus, B. Aires, 1978.
- Mendoza, M. E. y Tabares, C., Más allá de la forma, *Elementos*, 1[3], 23-26, 1985.

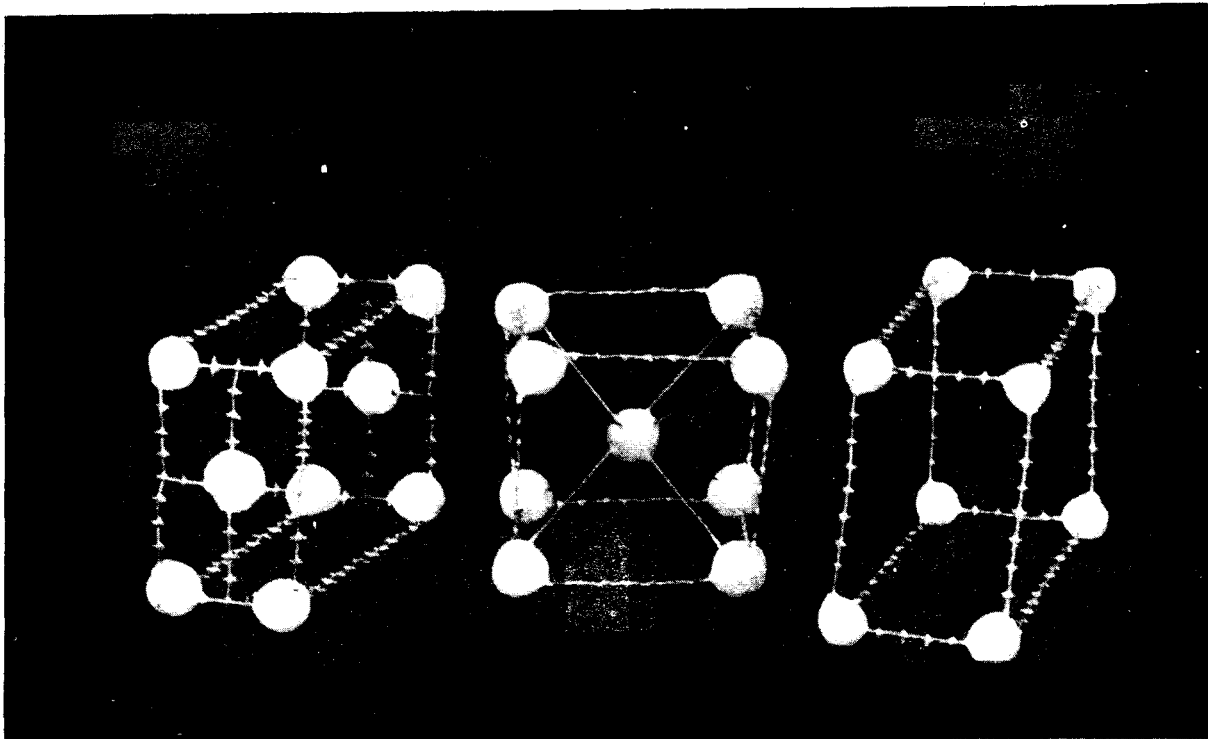


Figura. 7. Modelos terminados.