

## PLEGADO, SIMETRÍA Y SOFTWARE GRÁFICO

KEIKO E. SAITO Y MATIAS RÖHMER LITZMANN

*Nombre:* Keiko E. Saito, Arquitecta, (n. S. M. de Tucumán, Prov. Tucumán, Argentina, 1958).

*Dirección:* Laboratorio de Sistemas de Diseño, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, Calle Av. Roca 1800, S. de Tucumán, 4000, Argentina. *E-mail:* kesaito3@yahoo.com.ar

*Áreas de interés:* arquitectura, plegado, Diseño asistido por computadora, (origami).

*Publicaciones y/o Exhibiciones:* Saito K. E., Astudillo F. y Röhmer-Litzmann M. “Origami 3D y Formas Arquitectónicas” (abstract) V Congreso Nacional de SEMA, 2005, Resistencia, Argentina.

Saito K. E. y Röhmer-Litzmann M. “Arquitectura. Visualización Mediante Origami 3D y Motores de Render en Tiempo Real”, pp. 444-450, actas del IX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, Lima, Peru 2005. ISBN: 1-59975-306-5.

Saito K. E. “Concepto del Plegado y su Aplicación en Arquitectura, Memorias”, pp. 187-196, actas del X Congreso y XXV Encuentro Arquisur, Tucumán, 2006. ISBN 950-554-516-9.

*Nombre:* Matías Röhmer-Litzmann, Arquitecto, (n. S. M. de Tucumán, Prov. Tucumán, Argentina, 1978).

*Dirección:* Laboratorio de Sistemas de Diseño, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, Calle Av. Roca 1800, S. de Tucumán, 4000, Argentina. *E-mail:* matiasrohmer@yahoo.com.ar

*Áreas de interés:* arquitectura, diseño industrial, historia, deporte.

*Publicaciones y/o Exhibiciones:* Coautor de los artículos antes mencionados.

**Resumen:** *En arquitectura, específicamente el estudio de las simetrías en las formas plegadas es uno de los temas ampliamente abordados en diferentes épocas que aún hoy siguen vigentes en gran parte debido a la belleza que brinda el hacer más con menos propiciados por las cualidades como la proporción, orden, ritmo, simplicidad, regularidad. En la actualidad la combinación de plegado, simetría y software gráfico dan lugar a formas arquitectónicas con una apariencia compleja, pero basadas en geometrías simples. Sin embargo en nuestro medio su uso con los recursos y programas gráficos existentes, aun merece una exploración.*

*Este trabajo presenta un estudio en curso sobre un procedimiento posible para obtener un cierto tipo de formas plegadas con recursos disponibles. Se intenta obtener un modelo aproximado y eficiente mediante el uso de “bone” e “inverse kinematics” (3DSmax) para simular los quiebres en el papel y la forma en que estos afectan al resto del esqueleto, creando tensiones o empujes que se transmiten por los valles o crestas del plegado. Aunque los resultados son todavía parciales podemos apreciar su aplicabilidad para el modelado de formas plegadas en la arquitectura.*

### 1 PATRONES DEL PLEGADO CORRUGADO

Este trabajo aborda sobre un tipo de plegado conocido genéricamente como plegado corrugado. Se trata de una clasificación que todavía no ha sido definido universalmente

e incluye todo pliegue abierto de una capa, donde se alternan la paridad de pliegues (montaña-valle) paralelos entre sí. Como antecedente se conocen dos patrones base, el de Yoshimura y el de Miura. El primero es hecho de triángulos, cada par de triángulos conforma un cuadrado cuyos cuatro bordes son pliegues montañas y la diagonal pliegue valle. Este cuadrado es llamado la unidad básica (Figura 1). El segundo se trata de paralelogramos congruentes sin el pliegue valle diagonal (Figura 2). Cumpliendo estas condiciones se pueden generar variaciones de modelos plegados.

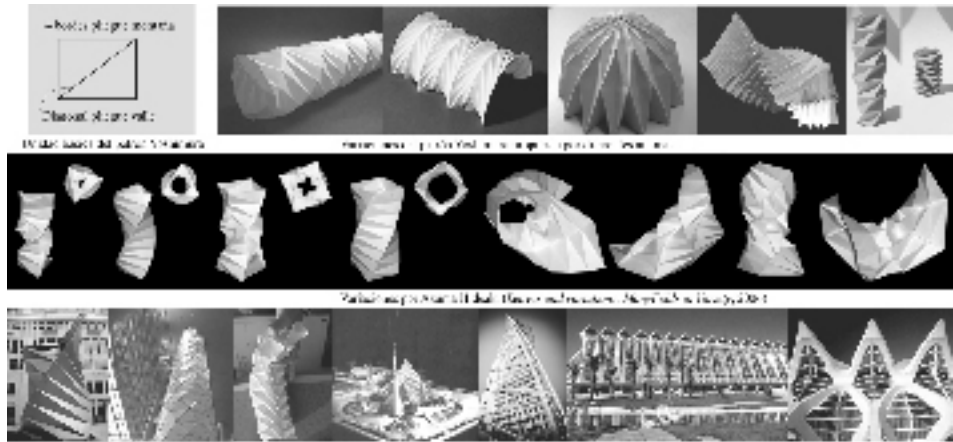


Figura 1: Variaciones de plegado del patrón base de Yoshimura

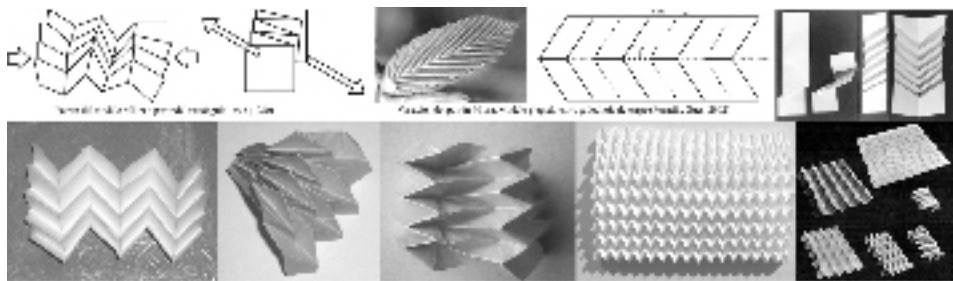


Figura 2: Variaciones de plegado del patrón base de Miura

La combinación de ambos patrones y sus variaciones permiten obtener formas corrugadas particularmente simples pero versátiles. Se puede mencionar la aplicación a membranas desplegables de captadores solares o antenas satelitales realizado por Miura y Sakamaki o las de Kobayashi basado en el pliegue de las hojas del carpe (Kobayashi et al. 1998, pp, 147-154.). En el estudio de plegados corrugados se pueden mencionar a autores como Azuma Hideaki de “Many folds in Variety” (2005-2007), Ray Shamp, Tactom, Eric Gjerde y muchos otros.

## 2 VARIACIONES DE PATRONES BASE CON SIMETRÍA

A partir de los dos patrones antes mencionados se proponen estudios alternativos de variaciones del modelo de plegado. Para su obtención se aplican los grupos de simetría

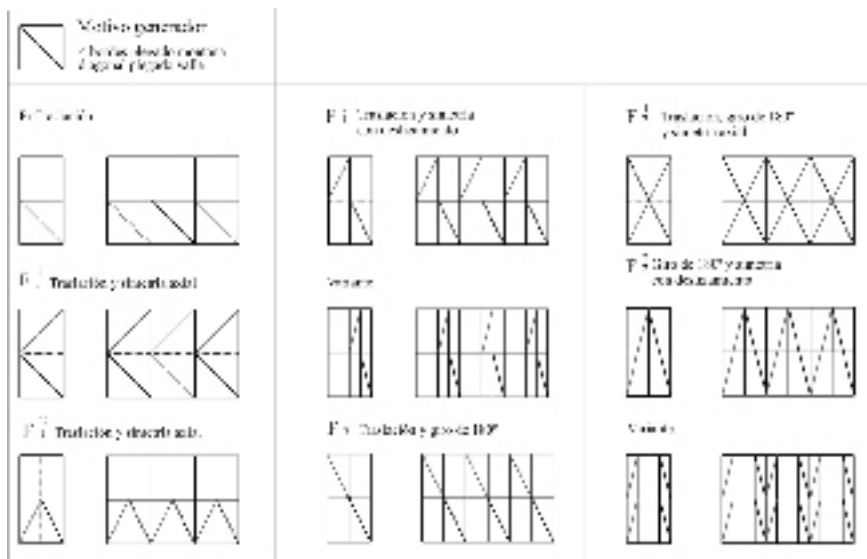


Figura 3: Aplicación de grupos de simetría de los frisos

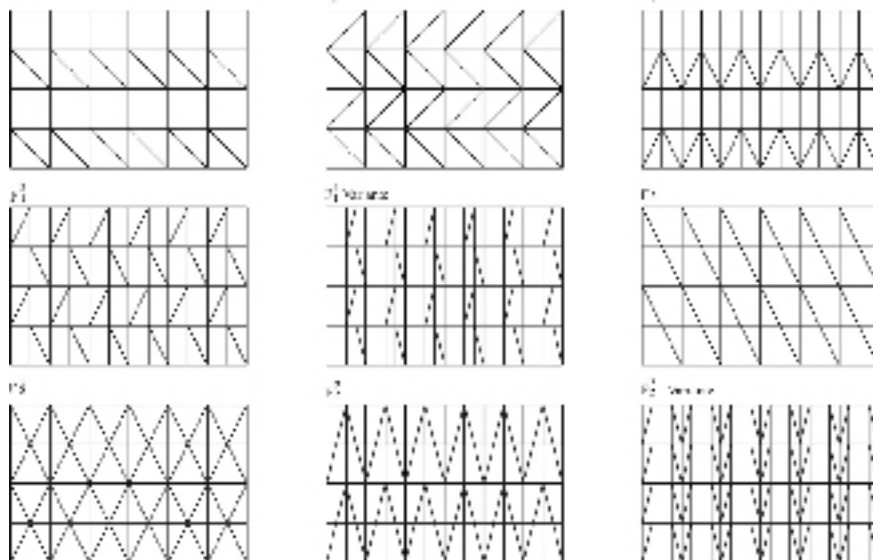


Figura 4: Generación de alternativas de diseños de plegados

de los frisos. Esta elección es por permitir la libre elección del motivo generador y operaciones de transformaciones. Las operaciones son, traslación, simetría axial, giro de 180° y simetría con deslizamiento, cuyas combinaciones se limitan a 7 casos diferentes (Figura 3). A su vez en la Figura 4 se puede observar, las combinaciones entre estos para crear nuevos diseños de plegados.

### 3 APROXIMACION AL MODELO DE PLEGADO

En el intento de crear una malla que permita formar superficies plegadas tal como lo

hace el papel u otros materiales similares, nos topamos con el problema de que en los programas de gráficos 3d, al modificar la posición de un vértice dentro de la malla los “lados” que confluyen en él sufren una variación de su longitud. Intentando obtener un modelo más aproximado y eficiente se comenzó a estudiar el uso del denominado “bone”, hueso, de 3d studio max que tienen la propiedad de ser rígidos y se pueden unir entre sí mediante articulaciones (Figura 5). Además, con el uso de “inverse kinematics”, cinemática inversa, logramos que si uno de los elementos con propiedades de “bone” se desplaza de su posición inicial, lleve consigo a los otros elementos unidos a él mediante las articulaciones. Esta técnica logra simular los quiebres en el papel, y la forma en que estos afectan al resto del esqueleto creando tensiones o empujes que se transmiten por los valles o crestas del plegado. El propósito es conformar un módulo base con la confluencia de distintas cantidades de huesos, que permita reestructurarse de manera sencilla para poder explorar distintos tipos de pliegues y su comportamiento y conformación estructural.

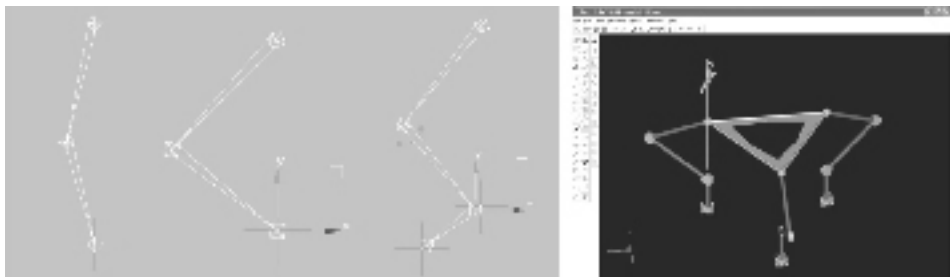


Figura 5: Aproximación al modelo de plegado con “bone” y cinemática inversa

## 4 CONCLUSION

Se puede continuar generando nuevas alternativas de modelos de plegados a través de las combinaciones de los siete casos de simetría expuestos en este resumen.

En la aproximación al modelo de plegado con programa gráfico estamos en una etapa inicial, sin embargo podemos apreciar el potencial para exploraciones futuras. La dificultad encontrada hasta el momento es en la unión del “bone” en el caso de confluir más de 3 a un sólo vértice y en determinar la longitud de esta de antemano.

## Referencias

- Alsina C., Trillas E (1984) *Lecciones de Álgebra y Geometría*, Editorial Gustavo Gili, S. A. Barcelona.
- Azuma Hideaki (2005-2007) *ManyFolds in another Variety*, <http://fine.ap.teacup.com/foldings/>.
- Bain Ian(2004:10) *The Miura-ori map*, <http://www.britishorigami.org.uk/theory/miura.htm>.
- March L., Steadman P. (1971) *The geometry of environment*, Riba publication, Gran Bretaña.
- Miura K., *Miura-ori folded by Square root of 2 Rectangle*. *Mondly magazine “Origami”* n° 194, By Nippon Origami Association. <http://library.thinkquest.org/28923/miuraori.html>.
- Miura K., (2006: 8-10) *Science of Miura-ori - A Review*, *The Fourth International Conference on Origami in Science, Mathematics, and Education (4OSME)*, California Institute of Technology Pasadena, California, USA. <http://www.langorigami.com/science/4osme/abstracts/057%20Miura.pdf>.
- Kobayashi H. Kresling B. and Vincent J. F., (1998: 147-154) *The geometry of Unfolding tree leaves*, *The Royal Society*. [www.bath.ac.uk/mech-eng/biomimetics/LeafGeometry.pdf](http://www.bath.ac.uk/mech-eng/biomimetics/LeafGeometry.pdf)