

## INFLEXIÓN DE POLIEDROS

## INFLECTION OF POLYHEDRA

DI. Leandro Manuel Laurencena  
[laurencena78@yahoo.com.ar](mailto:laurencena78@yahoo.com.ar)  
 ORCID: 0000-0003-0018-9926  
 Universidad Nacional de Misiones  
 Argentina

Autor para correspondencia

DI. Laura Mariel Díaz  
[lauramarieldiaz@gmail.com](mailto:lauramarieldiaz@gmail.com)  
 ORCID: 0000-0002-9798-1743  
 Universidad Nacional de Misiones  
 Argentina

## RESUMEN

Los poliedros demuestran ser una fuente de recursos inagotable para la generación de formas, trascendiendo su existencia como un mero catálogo de formas estancadas. Por otro lado, es posible verificar, la presencia de estas formas en objetos de diseño, de manera más explícita o más sutil, prueba evidente de su continua vigencia. Desde los aportes de la morfología en el campo del diseño de objetos se pretende indagar en el potencial de los poliedros, y su intervención a partir de nuevas operaciones de transformación como punto de partida para la concepción y generación de formas. En este sentido el presente trabajo expone la experiencia en torno a la "inflexión de poliedros", un recurso morfogenativo para la producción de formas y cuya esencia se relaciona con la naturaleza convexa de los poliedros regulares. Esta exposición se compone de dos resultados: el primero se refiere a una experiencia didáctica y al enorme potencial del recurso para la producción de formas en etapas iniciales de aprendizaje; el segundo, al proyecto de investigación que emergió como consecuencia de las primeras experiencias, y cuyo objetivo fue comprender y analizar los atributos de las formas generadas a partir de este recurso morfológico empleado.

## ABSTRACT

*The polyhedrons prove to be an inexhaustible source of resources for the generation of shapes, transcending their existence as a mere catalog of stagnant shapes. On the other hand, it is possible to verify the presence of these forms in design objects, in a more explicit or subtle way, evident proof of their continuous validity. From the contributions of morphology in the field of object design, it is intended to investigate the potential of polyhedrons, and their intervention from new transformation operations as a starting point for the conception and generation of forms. In this sense, the present work exposes the experience around the "inflection of polyhedra", a morphogenerative resource for the production of shapes and whose essence is related to the convex nature of regular polyhedra. This exhibition is made up of two results: the first refers to a didactic experience and the enormous potential of the resource for the production of forms in initial stages of learning; the second, to the research project that emerged as a consequence of the first experiences, and whose objective was to understand and analyze the attributes of the forms generated from this morphological resource used.*

## Palabras claves

poliedros  
 diseño  
 formas  
 morfogene-  
 ración  
 didáctica

## Keywords

Polyhedra  
 design  
 shapes  
 morphogene-  
 ration  
 didactics

Fecha Recibido:  
 17/10/2022

Fecha Aceptación:  
 10/12/2022

Fecha Publicación:  
 01/01/2023

## INTRODUCCIÓN

### Las superficies desarrollables en el diseño de objetos.

Para contextualizar a este escrito es oportuno comenzar señalando la relevancia y protagonismo que las superficies desarrollables tienen, como recurso morfogenerativo, dentro del universo de los objetos que rodean al ser humano. Se hace referencia a aquellas formas tridimensionales obtenidas a partir del plegado y/o curvado de una forma previa, bidimensional. Tal protagonismo se explica no solo por lo simple que es verificar la abundancia de formas generadas a partir de esta lógica, sino además por el alto potencial de este sistema generativo, basado en su simpleza, y su estrecha relación con materiales y procesos de producción extremadamente accesibles. En efecto, mientras que la producción de cierto tipo de formas se encuentra altamente mediatizada por los sistemas de dibujo y hasta el uso de herramientas digitales casi como factor excluyente (se puede tomar como ejemplo lo que ocurre hoy con el diseño paramétrico), es interesante señalar el carácter eminentemente intuitivo en el proceso de producción de formas desarrollables.

Por otro lado, la lógica morfogenerativa de las superficies desarrollables se asocia de manera directa con ciertos materiales y los procesos de producción que se utilizan para transformarlos. Basta con hacer referencia a todos los materiales disponibles en formatos laminares, desde los textiles hasta los metales, plásticos y maderas. A ellos, se asocian una serie de procesos de transformación cuyas operaciones se reducen a tres acciones elementales: cortar, plegar y/o curvar. Al iniciar desde este enfoque es posible intentar una clasificación simple, que a partir de algunos casos ejemplifique lo que lo que se considera aquí como los tipos más representativos de este género de superficies.

El primer caso se inscribe dentro del grupo de las superficies obtenidas por medio del curvado del desarrollo plano. El banquito / juguete *Elephant Toy Stool* (1945), diseñado por Charles and Ray Eames, se trata de un producto fabricado, en su

versión original, en multilaminado de madera, tecnología que impuso condicionantes en la medida que la madera obliga a adoptar superficies continuas y restringidas en cuanto a las curvaturas posibles. En esencia se trata de un objeto compuesto por dos partes, ambas superficies desarrollables, y cuya curvatura es simple en todos sus sectores. (Figura 1)



Figura 1. *Elephant Toy Stool* (Charles and Ray Eames, 1945).

El segundo caso se inscribe dentro del grupo de las superficies obtenidas por medio del plegado del desarrollo plano, a partir de pliegues rectos. La línea de lámparas *Fractales* (2010), diseñada por Diego Battista y Darío Stanziano, se trata de una serie de productos fabricada a partir de textiles estructurados con plástico, compuesto que finalmente cobra forma a partir de una secuencia de pliegues rectos. La superficie resultante se compone de caras planas, las cuales son sus limitantes.

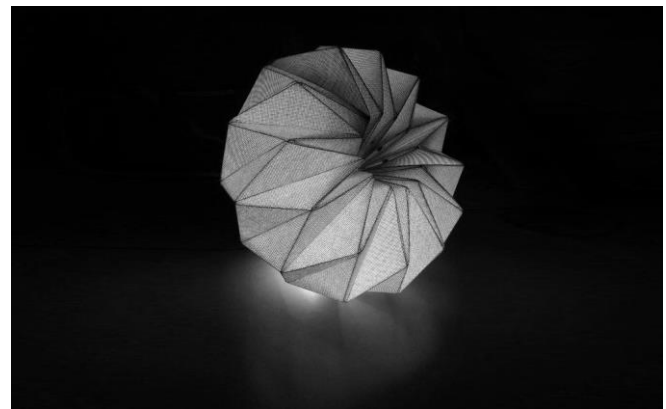


Figura 2. *Fractales* (Diego Battista y Darío Stanziano, 2010).

El último caso es representativo del tercer grupo de superficies, obtenidas también mediante operaciones de plegado, pero a partir de pliegues curvos. La silla *Flux Chair* (2009), diseñada por Douwe Jacobs y Tom Schouten, consiste en una superficie desarrollable con buenas prestaciones estructurales gracias a una serie de pliegues curvos. El resultado es una superficie compuesta por caras curvas, siempre de simple curvatura, de manera que adyacente a una cara cóncava siempre se encuentra una cara convexa, y viceversa.



Figura 3. *Flux Chair* (Douwe Jacobs y Tom Schouten, 2009).

Dentro de los tres tipos posibles de superficies desarrollables caracterizadas en los puntos anteriores, nos interesa particularmente el segundo grupo, aquellas formas que se obtienen a partir de pliegues rectos y compuestas por caras planas. Estas formas, que parecen elementales en su concepción y producción, son apenas la manifestación de un potente recurso para la producción de formas.

## DESARROLLO

### La inflexión de poliedros como recurso para la generación de formas.

Los poliedros demuestran ser una fuente de recursos inagotable para la generación de formas, siempre que se los aborde desde nuevos puntos de vista. Por otro lado, es posible verificar, una y otra vez, la presencia de estas formas en objetos de diseño, de manera más explícita o más sutil, prueba evidente de su continua vigencia.

Desde un punto de vista generativo, y en términos bastante simplificados, los poliedros pueden ser entendidos como sólidos o como superficies desarrollables. De acuerdo con el propósito del presente trabajo, resulta de interés esta segunda posibilidad, recorte que cobra particular sentido cuando se pretende indagar en el potencial de los poliedros, a partir de su intervención con lo que denominamos operaciones de inflexión, como punto de partida para la concepción y generación de formas.

Al respecto, se define como inflexión de poliedros a un recurso para la generación de formas que consiste en invertir la posición de un sector de dicho poliedro, respecto de un plano. El primer resultado que se obtiene producto de las operaciones de inflexión, consiste en la generación de sectores cóncavos. Este primer emergente es de particular interés si pensamos en la naturaleza convexa de los poliedros regulares y su estrecha relación con la superficie esférica. Para ejemplificar este vínculo basta con pensar en los fullerenos esféricos, moléculas compuestas por carbono que pueden adoptar una forma geométrica que recuerda a una esfera, y que Richard Buckminster Fuller aplicó en el diseño de sus domos geodésicos.

Se enfatiza el concepto de “recurso” y se evita la palabra “sistema” ya que se considera las operaciones de inflexión un punto de partida y no un modelo rígido que deba inducir respuestas programadas. Por otro lado, pudo observarse en la primera parte, el recurso propuesto se encuadra dentro de la lógica de un sistema morfogenerativo más amplio, las superficies desarrollables. Por lo tanto, el recurso puede entenderse como una operación posible dentro de la lógica de estas últimas.

No obstante, si bien se proponen estas operaciones como un recurso, como un punto de partida, parece apropiado enunciar una serie de elementos que forman parte de su operatividad, que orientan su uso y posibilidades. Estos elementos son: plano de inflexión, límite de la inflexión, región inflexada, región cóncava, región convexa. La lógica que se establece entre estos elementos es tal que el plano

de inflexión es el plano respecto del cual se invertirá la posición del sector que forma parte del poliedro, o región inflexada; por lo tanto, actúa como un plano de simetría especular. Una vez definida la posición de este plano, se llama región convexa al sector del poliedro implicado en la transformación, en su posición original, y región cóncava a la nueva posición asumida por los puntos luego de la transformación. El límite de la inflexión es una línea que se encuentra contenida en el plano de inflexión y forma parte de la envolvente del poliedro. En el siguiente gráfico se muestran estos elementos. (Figuras 4<sup>a</sup> y 4b).



Figura 4a. Elementos de una inflexión. De izquierda a derecha: Plano de inflexión / Límite de la inflexión y región convexa / Límite de la inflexión y región cóncava resultante.

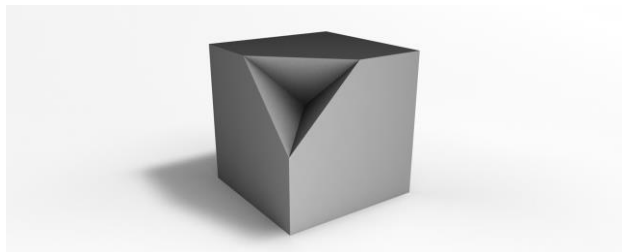


Figura 4 B. Inflexión de un cubo.

El reconocimiento de estos elementos permite entenderlos como parámetros generativos, variables que pueden ser tenidas en cuenta durante el proceso de diseño e incluso posibilitan el progreso de instancias de diseño más exploratorias e intuitivas hacia instancias más rigurosas e intencionadas. Así, por ejemplo, es posible verificar cómo variaciones en el ángulo relativo del plano de inflexión producen cambios en la forma y tamaño de la región cóncava resultante. En la siguiente figura vemos una secuencia de formas que ejemplifica este concepto. (Figura 5).

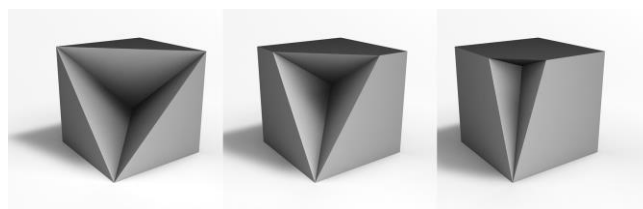


Figura 5. Secuencia de inflexiones a partir del cambio de posición del plano de inflexión.

La figura 5 muestra una secuencia de tres formas, basadas en la transformación de un cubo, a partir de un plano de inflexión que varía su ángulo de inclinación en cada una de las alternativas. La serie muestra cómo es posible generar alternativas de diseño a partir de la variación sistemática de los parámetros generativos. En cada una de las formas la concavidad resultante adquiere una relación espacial, de escala y jerarquía distintas respecto del resto del poliedro.

Como operación, la inflexión de un poliedro es una acción relativamente simple. Sin embargo, se trata de un recurso potente cuando se comienzan a explorar sus posibilidades y variantes. Dentro de estas posibilidades es posible mencionar algunas, como las inflexiones compuestas, aquellas que incluyen dos o más operaciones de inflexión aplicadas de manera sucesiva en el mismo sector. En la siguiente figura se observa una secuencia de formas que ejemplifica este concepto. (Figura 6)

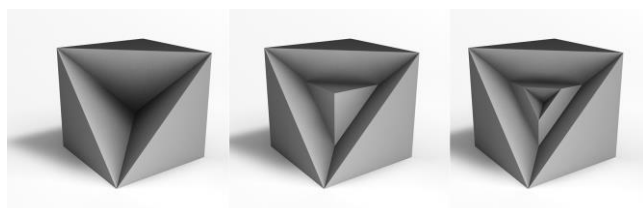
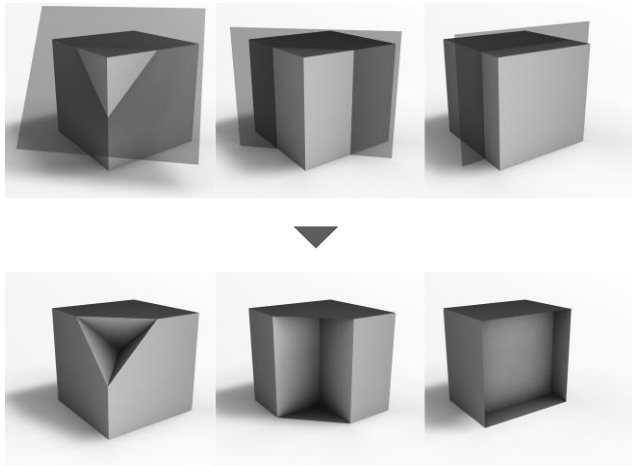


Figura 6. Secuencia de formas basadas en una inflexión simple, una doble y una triple, aplicada sobre un cubo.

De igual manera, es posible conceptualizar estas operaciones a partir de la posición del plano de inflexión, verificando cómo dicha posición involucra distintos sectores del poliedro y jerarquiza diferentes elementos de su espacialidad. Así, por ejemplo, es posible hablar de la inflexión de sectores que je-

rarquizan vértices, aristas o caras. En las siguientes figuras se aprecia una secuencia de formas que ejemplifica este concepto. (Figuras 7 y 8).



Figuras 7 y 8. Inflexión de los tres elementos fundamentales de un poliedro: vértice, arista y cara.

### La inflexión de poliedros como experiencia didáctica

El recurso basado en las operaciones de inflexión, como herramienta para la producción de formas, surgió espontáneamente como una idea para la realización del primer trabajo práctico en la materia Morfología 1, de la carrera de Diseño Industrial, en la Facultad de Arte y Diseño (Fayd), Universidad Nacional Autónoma de México (Unam). Es importante señalar el hecho de que Morfología 1 forma parte del bloque de materias que componen el primer año de la carrera, en el primer año de experiencia universitaria para el estudiante que ingresa. En otras palabras, se trata de la experiencia inicial específica del estudiante en torno a la morfología, momento en que hace frente al primer desafío que presenta este escenario: es comenzar a trabajar con muy escasas herramientas de dibujo y una muy incipiente experiencia con la producción de formas. Sin embargo, es en esta misma circunstancia que se crean las condiciones para el desarrollo de una experiencia de aprendizaje sumamente valiosa.

La consigna se divide en dos etapas. La primera de ellas consiste en la producción de una forma a partir de la transformación de alguno de los poliedros

regulares, utilizando como recurso las operaciones de inflexión. Antes de comenzar el trabajo se realiza una introducción al conocimiento de estas formas, durante la cual se destacan sus propiedades geométricas fundamentales y se explica su producción a partir de los desarrollos planos correspondientes. La segunda, consiste en el diseño de una organización, entendiendo a la forma producida durante la primera etapa como el componente en base al cual se desarrollará la misma.

El desarrollo del trabajo inicia con la producción de modelos del poliedro elegido, sin transformar, en cartulina, y en una cantidad más o menos considerable. Posteriormente se propone a los estudiantes que comiencen a probar operaciones de transformación de manera directa y espontánea sobre los modelos. Esta modalidad de trabajo da paso a una forma de producción fluida, diversa y abundante, gracias a un abordaje que deja fuera las restricciones debidas al escaso dominio del dibujo. (Figura 9).



Figura 9. estudiantes de Morfología 1 trabajando en el taller (Facultad de Arte y Diseño, UNAM, 2017).

En una segunda instancia se progresa hacia un abordaje más crítico que permite conceptualizar las propuestas de transformación, hasta arribar a la forma final. Concluida esta etapa, se inicia la segunda, que como ya se explicó antes, consiste en el diseño de la organización, cuyo desarrollo se establece a partir del reconocimiento de las propiedades geométricas del componente y sus posibilidades configurativas.

**CONCLUSIONES:****Resultados y relevancia didáctica**

Los resultados generados por los estudiantes, durante las sucesivas experiencias prácticas, demuestran el gran potencial del recurso morfogenrativo propuesto para la producción de formas en etapas iniciales de aprendizaje. La experiencia permitió a los alumnos, en su primer año académico, abordar proyectos de diseño de formas relativamente complejas y variadas a partir de una modalidad de trabajo que rescata la intuición como parte de una estrategia didáctica que progresa de instancias más experimentales y libres hacia otras más controladas y conscientes. Los estudiantes participantes mostraron interés, entusiasmo y curiosidad durante los momentos exploratorios y productivos de la forma. (Figuras 10, 11 y 12)

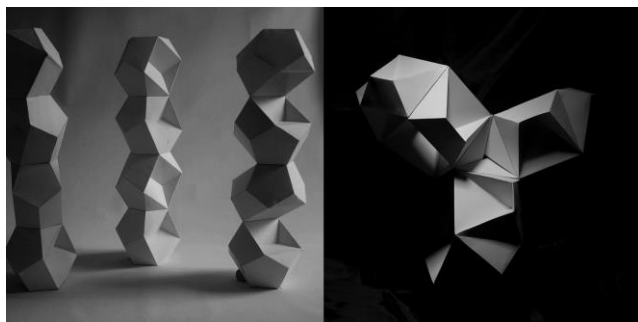


Figura 10. Trabajos de estudiantes. Izquierda: Conjunto de organizaciones cuyo componente se basa en la inflexión de aristas de un dodecaedro. Estudiantes: Gómez, María Luz; Baroni, Hugo y Gómez, Gustavo (Unam, 2016). Derecha: Organización cuyo componente se basa en la inflexión de vértices de un octaedro. Estudiante: Falbo, Claudio (Universidad Nacional de Avellaneda. Undav, 2016).

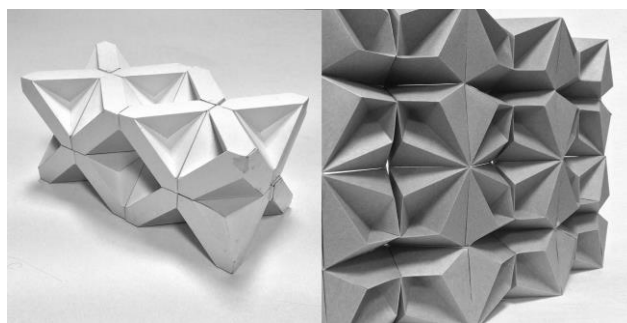


Figura 11. Trabajos de estudiantes. Izquierda: Organización cuyo componente se basa en la inflexión de vértices de un hexaedro. Estudiante: Tarcaya, Miguel (Undav, 2015). Derecha: Organización cuyo componente se basa en la inflexión de vértices de un octaedro. Estudiante: Moretti Salvatierra, Anabel (Undav, 2016).

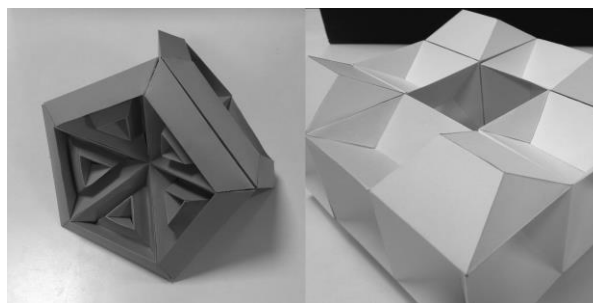


Figura 12: Trabajos de estudiantes. Izquierda: Organización cuyo componente se basa en la triple inflexión de vértices de un tetraedro. Estudiante: Valenzuela, Damián (Undav, 2016). Derecha: Organización cuyo componente se basa en la inflexión de aristas de un dodecaedro. Estudiante: Villalba, Leonardo (Undav, 2016).

Es posible observar, subyacente, en esta experiencia, una estrategia didáctica basada en el diseño de formas a partir de procedimientos concretos, sin la mediación del dibujo. Rescatamos la relevancia del pensamiento intuitivo, aquel proceso cognitivo que no está sujeto a un previo análisis o excesiva premeditación, sino que nace de una percepción directa y de lo que se muestra de manera evidente. Así mismo pone de manifiesto el aprendizaje por descubrimiento a partir de la experiencia *in situ*.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

Doberti, R. et al. (1971). *Sistema de Figuras*, Revista Summa 38 - Buenos Aires. Editorial La Técnica Impresora.

Doberti, R ( ) - "Morfología Generativa" Summarios 9/10.

Doberti R. et al. (1982). "Sistema de generación de los poliedros semirregulares" Universidad de Rosario.

Ghyka, M. (1979). "Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes" Ed Poseidón, Buenos Aires.

Zenil H. (2010). "Lo que cabe en el espacio: La geometría como pretexto para explorar nuestra realidad física y matemática". Ciudad de México, México. Publicado por Coplt- arXives.

Wolf, K. L. y Kuhn, D. (1952) "Forma y simetría. Una sistemática de los cuerpos simétricos". Buenos Aires: Eudeba [1960].

.....