



## Ensamble Organum: Experiencia Docente en Arquitectura basada en Modelaciones Morfológicas según Criterios Algorítmico-Procedimentales

**Autor:** Omar Eduardo Cañete Islas  
Universidad de Valparaíso, **UV**  
[ocanetei00@yahoo.es](mailto:ocanetei00@yahoo.es)  
Valparaíso, Chile

### Resumen

A continuación, se sistematiza y presenta una experiencia pedagógica en base a la modelación de formas irregulares, asociadas a procesos de fragmentación vectorial escalar. Esto permite, dentro del paradigma de las formas puras, propio de la arquitectura moderna, trabajar de modo continuo, estructuras morfológicas disimiles que abarcan desde líneas vectoriales abiertas y/o cerradas, módulos poliédricos, ensamblajes, gradientes, texturas y tramas morfológicas de landscape, junto a los diversos cambios de escala y magnitud entre formas. Este tipo de enfoque se presenta como la base de un modelo de trabajo con alumnos de arquitectura (M-MAA) en el estudio morfológico-procedimental, donde se incluye criterios y variables típicamente arquitecturales, tales como la jerarquía de volúmenes, la espacialidad, la circulación, la estructuración en niveles, vistas, cortes, relaciones de interioridad, exterioridad y mixtura espacial, junto a criterios de ordenamiento funcional-proyectual, constituyendo un modelo de trabajo morfológico pre-arquitectural.

**Palabras clave:** creatividad; diseño; arquitectura.

## Teaching Experience in Architecture based on Morphological Modeling According to Algorithmic-Procedimental Criteria

### Abstract

Next, principles of study and modeling of irregular and complex forms, associated with processes of scalar vector fragmentation are presented. This allows to encompass, within the paradigm of pure forms, typical of modern and contemporary art and architecture, from the smallest grain, to the most holistic landscape and landscape, as a unit of continuous study, allowing to identify not only individual units or even modular design, but in relation to the modeling of frames, gradients, texture formation and wider morphological tissues. This type of approach is presented as the basis of a working model with architectural students (M-MAA) in the morphological-procedural study, which includes criteria and typically architectural variables, such as the hierarchy of volumes, spatiality, circulation, the structuring in levels, views, cuts, relationships of interiority, exteriority and spatial mixture, together with criteria of functional-design ordering, constituting a model of pre-architectural morphological work.

**Keywords:** creativity; design; architecture.

**Date Received:** 09-02-2018

**Date Acceptance:** 22-06-2018

“No sé quién dijo que los novelistas leemos las novelas de los otros sólo para averiguar cómo están escritas. Creo que es cierto. No nos conformamos con los secretos expuestos en el frente de la página, sino que la volteamos al revés, para descifrar las costuras”

(Gabriel García Márquez, 2012, pág. 10)

## 1. Introducción

Desde el año 2000 al presente, a fecha, en el marco de la cátedra de Geometría Fractal primero y desde el año 2015 en el ramo de morfologías, se ha planteado la exploración morfológica como un área de relativa autonomía en la modelación y procesos creativos arquitecturales. Esto ha permitido explorar junto a los alumnos diversas líneas de modelación morfológica, que va desde el planteamiento general de las llamadas formas puras en arte y arquitectura, confrontando y enriqueciendo este verdadero paradigma de la forma en la arquitectura moderna, con el planteamiento de las formas irregulares, secundaria al estudio de procesos de transformación o dinámicas interactivas que operan escalarmente, proveniente de las morfologías contemporáneas (Cañete, 2014a, 2016a, 2017a). Esto ha permitido la asimilación progresiva de geometrías y formas que emergen del estudio de otras disciplinas que en los últimos años ha derivado en el llamado diseño paramétrico aplicado desde los sistemas CAD y CAM (Schumacher, 2008a), orientado al control en el diseño, de cada operación sobre el conjunto en cualquier momento de una transformación, de una manera minimalista e interactiva a la vez. (Cañete y López, 2015a, 2016a).

En este contexto, se presenta una revisión y sistematización del trabajo docente realizado en base a estos principios en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Valparaíso, Chile.

## 2. Marco Teórico

### 2.1. Exploración Morfológica y Diseño Paramétrico

El escenario actual de la modelación permite abarcar diversas metodologías de trabajo y representación, apelando a diversas geometrías destacando, para el diseño arquitectural, los ensambles modulares, los lenguajes y metalenguajes computacionales que operan en base a funciones y algorítmicos, ha derivado en la consecuente autonomización de la morfología como campo propio de indagación y exploración. Es así como, las modelaciones morfológicas contemporáneas, realizadas en software como Rhino 3D, Grasshoper, Matlab, SolidWorks, además de los clásicos sistemas CAD, nos ofrecen un sin número de distinciones operacionales asociadas a la forma, volviéndose más dúctil e intuitiva en cuanto a su modelación e interface de trabajo (Cañete, 2014b, 2017b; Cañete, Bahamondes, Correa y López, 2012a; Cañete, Correa y López, 2016a).

Es importante destacar que estos desarrollos abren una reflexión al problema de la asimilación de las formas desde una mirada arquitectural, marcado por la noción de algoritmo y operación, así como de su enseñanza. Debemos considerar que desde la modernidad tanto en arquitectura como parte importante del arte, se ha expresado a través de una mirada minimalista, aproximación que nos invita a apreciar la importancia de cada acción formal en sus modos esenciales de operar e interactuar (y no solo como un artilugio mental o estético). Más aún, genera un campo directo de dialogo entre el arte y las ciencias, especialmente a través del problema de la forma y su modelación. Este enfoque durante el siglo XX, deriva progresivamente a un enfoque lingüístico-generativo que, disciplinalmente busca indagar en los efectos arquitecturales de dichas distinciones, sus combinatorias y sus potenciales aplicaciones (Mandelbrot, 2000; Lyndenmayer, 2000; Cañete, 2014c, 2016b, 2017c; López, 2016a; Cañete y López, 2015b).

## 2.2. El Nuevo Objeto Morfológico y el Diseño Paramétrico

El estado del estado del arte descrito, adquiere mayor relevancia, si consideramos la amplia diversidad de nuevas propiedades morfológicas y desarrollo de lenguajes digitales, que abren el abanico de posibilidades si consideramos las geometrías y morfologías complejas (como los fractales) que además de los rasgos ideales de la aritmética natural, la geometría euclidiana o incluso las primeras nociones barrocas (centros fuertes, equidistancias, simetrías, equilibrios, ritmos, alternancia, sucesiones, tensiones, límites y fugas, etc.) abarcan nociones nuevas como el lenguaje de patrones, conformaciones abiertas e irregulares, los centros y planos múltiples, agrupaciones, crecimientos, trayectorias no-lineales, iteración de funciones, amplificación o distorsión de señales, rupturas y fraccionamientos, formación de redes, tramas, pliegues, landscape y paisajes texturales y mecanismos de transformación, interacción, variación e hibridación a escala, por nombrar solo algunas, pero que nos exigen, en paralelo, una mirada arquitectónico-proyectual que dé cuenta y nos de pistas, de su constante asimilación y comprensión, mediante nuevos soportes conceptuales, estéticos y operacionales para tales fines. Está de más señalar la tensión generativa que se produce entre estas nuevas formas complejas y el paradigma predominante hasta la fecha de las formas puras, heredados de la arquitectura moderna, y que nos habla de la necesidad y vigencia disciplinar del debate y reflexión al respecto, lo que garantiza una suerte de “nuevo encuentro” (*objet trouvé*) con el tema de la forma (Oyarzún, 2000; Cañete, 2017d). Más aún, si consideramos los aportes de los lenguajes digitales, que progresivamente han introducido mayor variedad de operaciones formales en la modelación digital como en la flexibilidad operacional, en el llamado diseño paramétrico (Draves y Rackase, 2008; Schumacher, 2008b). A este tipo de retroalimentación del diseño, se le llama actualmente diseño paramétrico discriminativo (López, 2016b), el cual apela al uso de algoritmos mediante una confluencia

operacional de diversas operaciones y geometrías.

### 3. Antecedentes

Dado lo anterior, el autor ha trabajado en un modelo que resume en los siguientes puntos, un modelo de exploración morfológica, -orientado al ámbito docente-, que se puede resumir en los siguientes principios:

- a. Orden lineal y Orden de la Complejidad: El estudio de formas complejas ha ampliado el campo desde el cual se entendía la noción de orden, pasando de una concepción estática, a una mirada cambiante y generativa. generadora de configuraciones morfológicas irregulares nuevas.
- b. Morfología fractal: Esta dimensión será modelada mediante técnicas de vectorización de imágenes como el uso de lenguajes iterados, lo que resulta en líneas puras que se ramifican, tuercen y escalan en unidades morfológicas, manteniendo una coherencia compositiva global a partir del mismo trazo esencial minimalista.
- c. El estudio de tramas y texturas como formas transicionales en la transformación morfológica: Las líneas fractales, que generan tramas a través de la transformación a escala, permite la modelación de procesos de crecimiento o fragmentación, en base a interacciones continuas entre tramas regulares e irregulares, variando y alternando espacios de mayor o menor interioridad o exterioridad. El conjunto de esta evolución, se le puede identificar como una manera de landscape vectorial.

#### 3.1. Experiencias Morfológicas de Modelación Procedimental

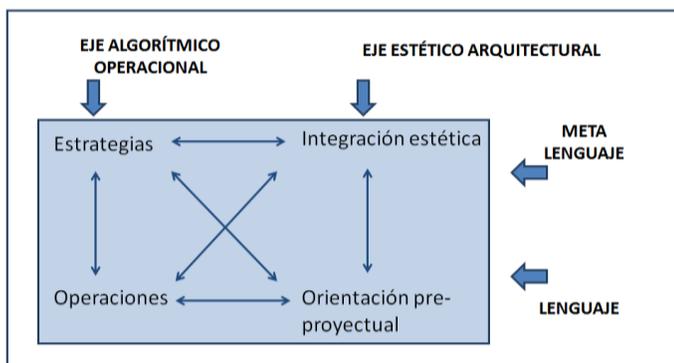
El estudio de este tipo de morfologías, aparece como el marco general para el desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje de modos creativos en relación con el problema de la asimilación de la forma desde un marco pedagógico de enseñanza arquitectural, la cual, ha sido abordada por

el autor, tanto en el plano docente, como en sucesivos proyectos de artes visuales financiados por FONDART Regional de Artes Visuales (Cañete y Bahamondes, 2011; Cañete, Bahamondes, Correa y López, 2012b; Cañete, Correa y López, 2016b; Cañete y López, 2015c, 2016b). De estas experiencias y ámbito de exploración morfológica digital se derivó en los siguientes principios de trabajo:

- a. Un enfoque general del tipo minimalista.
- b. Un enfoque generativo- transformacional.
- c. Un proceso creativo que abarque desde las nociones de modulo y ensamble hasta las nociones de paisaje y landscape digital.

Por su parte, desde el punto de vista pedagógico, se busca incentivar en el alumno, la exploración y expresión individual, sugeridas a partir de la propia exploración de formas modeladas. Eso nos permite distinguir niveles de complejidad morfológico-operacional por un lado y niveles de asimilación estético-arquitectural explorada por otro lado, intencionando modelaciones morfológico-espaciales orientadas, sea hacia; a). un sentido pre-proyectual y/o, y bien; b). un sentido morfológico-estético afín al punto anterior.

**Tabla 1.** Niveles de Integración de la Modelación Morfológica



**Fuente:** El Autor (2018).

## 4. Metodología

Lo anterior, ha derivado en el siguiente modelo y metodología general de trabajo, usando, diversos materiales, en diversas experiencias y encargos desde el 2015, denominado: Minimalismo Generativo, cuyos Principios formales están asociados a los mecanismos procedimentales (operatorio-algorítmicos) de crecimiento y fragmentación modular escalar. En este marco, se plantea un modelo de trabajo para la modelación morfológica, de las siguientes características generales:

### 4.1. Modelo de Modelación Mediada Algorítmica Arquitectural

El siguiente modelo de exploración compleja, puede resumirse en tres ejes, Morfológico, Algorítmico (procedimental) y Arquitectural, y que simplemente podemos abreviar como MAA:

- a). Complejidad Morfológica de la Trama:** Esta complejidad va desde:
  - a. Nivel del Módulo individual o grano.
  - b. Nivel del Tejido, trama o landscape.
- b). Nivel de Complejidad Algorítmica:** Operaciones espaciales-morfológicas, tales como: llenos, vacíos, extrusiones, circulaciones. Estas presentan dos niveles algorítmicos
  - a. Operaciones de conjunto.
  - b. Operaciones locales que afectan a módulos o sectores particulares.
- c). Nivel de Complejidad Arquitectural:** Un continuo de dos polos formales:
  - a. sentido pre-proyectual.
  - b. sentido morfológico y espacial, como expresión estética (incluye aproximaciones como instalaciones o intervenciones formales).

Lo anterior, permite diferenciar distintas posibilidades y niveles de exploración, como campos autónomos y/o en relación. A continuación,

revisaremos encargos y sub-áreas de trabajo, asociadas a diferentes tipos de encargos, del primer tipo, que hemos denominado de Sentido pre-proyectual, el cual se organizó en encargos sucesivos de mayor complejidad no solo formal, sino especialmente niveles de complejidad pre-proyectual, entendiendo esta dimensión arquitectural, como la búsqueda de relaciones específicas, tales como:

**a. Serie de encargos Primer Nivel de Complejidad Pre-Arquitectural:** Contempla trabajar variables como: a). vacío y espacio arquitectural; b). Circulación, recorrido y promenade; c). Jerarquía y relación espacial entre volúmenes.

**b. Serie de encargos Segundo Nivel de Complejidad Pre-Arquitectural:** Contempla, además de las relaciones anteriores, incluir variables como: a). Niveles y accesos; b). Sub-unidades (piezas morfológicas) y encajes o ensamblajes modulares entre niveles.

Estos niveles de complejidad pre-arquitectural, se trabajaron en diversos tipos de exploraciones morfológicas específicas, tales como:

- a.** Diseño en base a crecimiento y fragmentación de tramas modulares.
- b.** Deconstrucción de volúmenes y (des)-ensamblajes modulares.

Lo anterior, se resume en el siguiente esquema:

**Tabla 2.** Modelo de trabajo, según tipo y complejidad de diseño.

TIPOS DE MODELACIÓN MORFO-ESPACIAL		NIVEL DE COMPLEJIDAD PRE-ARQUITECTURAL	
Modelación morfológica en base a ecuaciones no-lineales y tramas vectorizadas e iteración de funciones	Diseño espacial en base a crecimiento y fragmentación de tramas modulares	<b>NIVEL 1:</b> Incluye Variables como: a). Vacío y espacio arquitectural, b). Circulación, recorrido y promenade. c). Jerarquía y relación espacial entre volúmenes	<b>NIVEL 2:</b> Incluye además, variables como: a). Niveles y accesos, b). Sub-unidades (piezas morfológicas) c). encajes o ensambles modulares entre niveles.
	Diseño espacial en base a deconstrucción de volúmenes y ensambles modulares		

**Fuente:** El Autor (2018).

## 5. Resultados

A continuación, se exponen una serie de modelos de estudio y áreas de exploración morfológica y trabajos, obtenidos durante estos años:

**a. Diseño en base a crecimiento y fragmentación de tramas modulares:** Dada la factibilidad de trabajar con patrones y módulos, afines a la formación de tramas vectorizadas, una de las primeras áreas de exploración fue la modelación mediante la búsqueda de extrusiones volumétricas y conformación de espacios, en base a procesos de crecimiento y fragmentación modular a distintas escalas.

Esta secuencia de fragmentación morfológica nos permite pasar, en una misma serie de transformación, niveles de complejidad formal que van desde el módulo o incluso grano irregular y sus relaciones adyacentes primarias (de

apertura, cierre y formas mínimas de distancia y circulación) al plano de la formación de tramas o tejidos (gradientes, contrastes, intersticios, texturas, etc.), y aún más, verdaderos landscape o paisajes minimalistas, más complejos, y de mayor potencial y variación escalar. Por cierto, la relación entre la forma resultante y el conjunto de operaciones generativas, está dado por la búsqueda de un principio de economía, es decir, pensado desde el conjunto de operaciones mínimas para tal fin global.

En paralelo se les pidió trabajar con el diseño digital de las exploraciones morfológicas logradas, generando vistas, elevaciones y cortes.

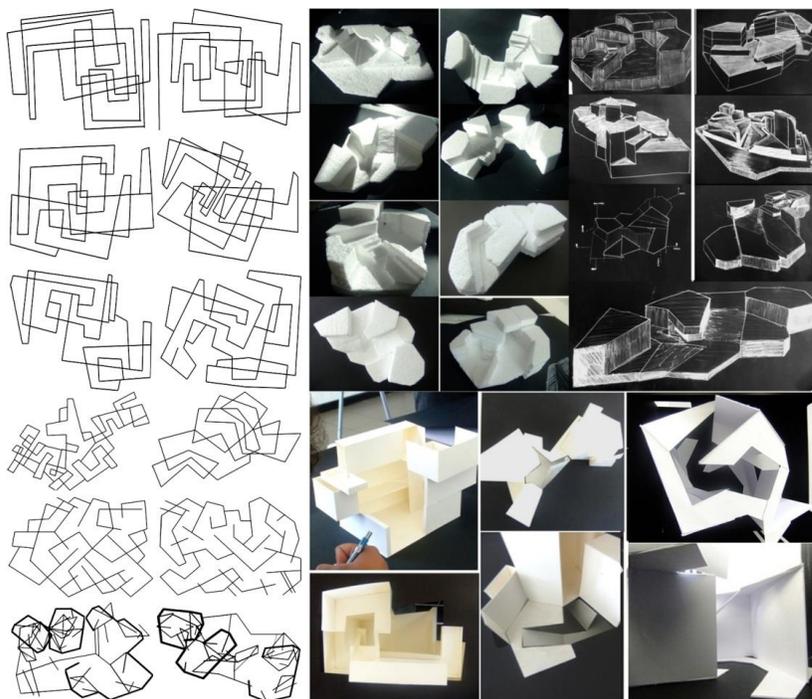
Así, primero se procedió a que los alumnos revisaran la imagen y proyectaran cualidades según la trama elegida y observada.

Posteriormente, los alumnos empiezan a trabajar cortando y dando cabida a las cualidades solicitadas en una espacialidad y volumetría más precisa, incluyendo cortes y vistas.

Continuando con la experiencia de modelación mediada por exploraciones morfológicas, se usó un software de generación de morfologías basado en L-SYSTEM, con el cual, se lograron diversas imágenes de configuraciones geométricas, en base a la iteración de patrones. He aquí varios de estas imágenes logradas, con las cuales, se les pidió a los alumnos que idearan un modelo espacial, siguiendo los criterios de búsqueda de espacios, circulaciones, volúmenes y niveles, obteniendo diversos estudios y modos posibles de satisfacer estos requerimientos. Conjuntamente, se les pidió que los niveles concebidos tuvieran tres sub-niveles, por lo que podían descomponer la figura en plantas, para así mejor trabajar las relaciones entre circulaciones, volúmenes y vacíos que los conectarían en un todo. De estos tres niveles, dos quedarían bajo superficie, y uno sobre superficie. Los dos niveles inferiores, se enmarcarían en un bastidor de forma cuadrangular de interior negro, a fin de ver y apreciar mejor la caída de luz desde el primer nivel hasta el más hondo. En esta caja de observación, se les pidió que hicieran una

o dos incisiones cubiertas con una tapa, a fin de poder mirar a través de ellas el modelo y realizar observaciones del modelo interior. Se les permitió hacer modificaciones menores, en parte de las trazas, en caso de requerirlo según el modelo espacial en desarrollo.

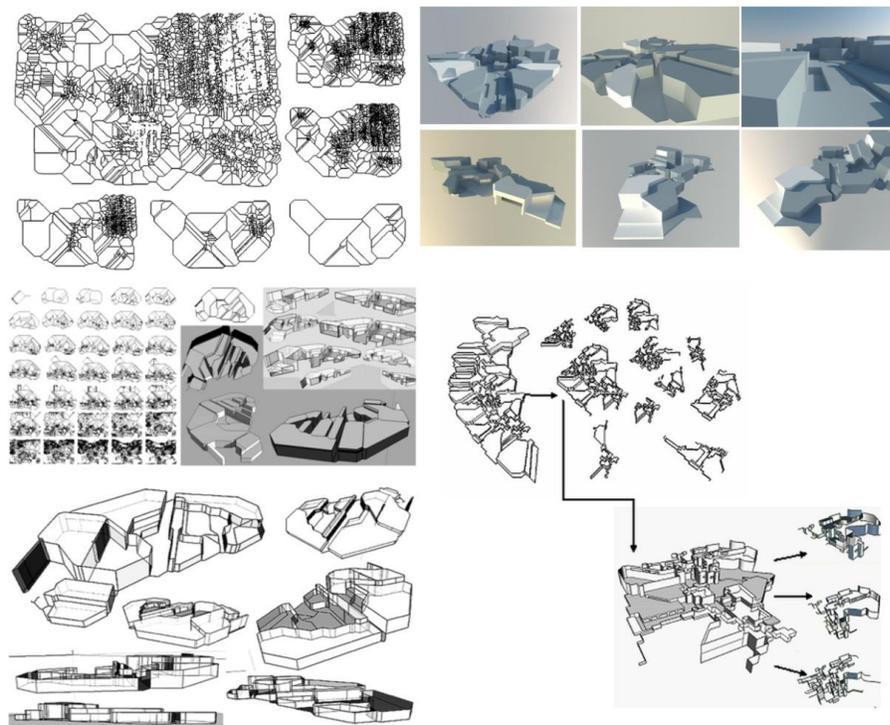
**Imagen 1.** Modelos realizados por alumnos en base a modelación en L-SYSTEM, realizados en plumavit y cartón.



**Fuente:** Modulo de Forma, Taller de Arquitectura (2017).

**b. Deconstrucción volumétrica y (des)-ensamblaje modular:** Un segundo ámbito de estudio que emerge, siguiendo estos modelos morfológicos, es el del ensamble y desensamble en partes de los modelos. Esto permite además el estudio de piezas y fragmentos, que puedan ser susceptibles de cortar en cortadoras CNC y routers.

**Imagen 2.** Modelo de trabajo MAA, en base a operaciones vectoriales de crecimiento y fragmentación modular a diversas escalas, y operaciones de extrusión volumétrica, búsqueda de espacios arquitecturales, ensamble y desensamble modular.



**Fuente:** Modulo de Forma, Taller de Arquitectura (2017).

## 6. Conclusiones

El estudio de la forma en la arquitectura, ha adquirido cada vez mayor preponderancia y autonomía en la modelación, por lo que requiere modelos teórico-pedagógicos de exploración, basado u orientado en criterios arquitecturales.

La explicitación de tales criterios, abre a su vez, sub-campos de exploración, que en nuestro caso, hemos sistematizado a la largo de los últimos años, en relación a la labor docente y en las artes visuales, realizada en la Escuela de Arquitectura, de la Universidad de Valparaíso.

## 7. Referencias

- Cañete, O. (2014a,b,c). **Arquitectura, Complejidad y Morfogénesis**. Valparaíso, Chile: Universidad de Valparaíso.
- Cañete, O. (2017a,b,c,d). **De tramas, fragmentos y paisajes Digitales: morfogénesis y prototipos pre-arquitecturales. Revisión de una propuesta en progreso**. *ACADEMIA XXII*, 8(15), 37-69, E-ISSN: 2594-083X. Recuperado de:  
<http://dx.doi.org/10.22201/fa.2007252Xp.2017.15.60415>
- Cañete, O. (2016a,b). **Exploraciones morfológicas en texturas modulares. Aproximaciones desde el objet trouvé al diseño paramétrico**. *Revista de Arquitectura*, 18(1), 76-97, ISSN: 1657-0308, E-ISSN: 2357-626X. Recuperado de:  
<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2016.18.1.8>
- Cañete, O., & López, F. (2016a,b). **Desarrollos de modelos para vivienda modular en base a estandarización de prototipos fabricados. Análisis de una experiencia constructiva con módulo incremental**. *revista pensum*, 2(2), 127-144, ISSN: 2469-0724. Recuperado de:  
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/pensu/article/view/16517>
- Cañete, O., (Editor), Correa, A., & López, F. (2016a,b). **Bitácoras Morfológicas**. Proyecto FONDART de Artes Visuales. Valparaíso, Chile: GARIN.
- Cañete, O., & López, F. (2015a,b,c). **El Domo generativo: Modelación Morfológica y diseño paramétrico. Base del estudio de ensamblajes modulares en la fabricación de prototipos para sistemas CAD-CAN**. *Módulo Arquitectura CUC*, 15(2), 105-132, ISSN: 2389-7732. Recuperado de:  
<http://revistascientificas.cuc.edu.co/index.php/moduloarquitecturacuc/article/view/737/556>
- Cañete, O., (Editor), & Bahamondes, C. (2011). **Computación y Arte Visual**

- Gráfico.** Proyecto FONDART de Artes Visuales. Valparaíso, Chile: GARIN.
- Cañete, O., (Editor), Bahamondes, C., Correa, A., & López, F. (2012a,b). **Exploraciones Morfológicas.** Proyecto FONDART de Artes Visuales. Valparaíso, Chile: GARIN.
- Draves, S., & Reckase, E. (2008). *The Fractal Flame Algorithm*. EE.UU.: CiteSeerX, The Pennsylvania State University. Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.694.1601>
- Gabriel García Márquez (2012). **Mi Hemingway Personal.** Hemingway, Ernest, Cuentos. Madrid, España: Lumen.
- López, F. (2016a,b). **Paisaje natural y paisaje virtual. Notas y aplicaciones sobre mapeo tridimensional, entramados geométricos y fabricación modular CAD-CAM.** Citado en Cañete, Correa y López (2016). **Bitácoras Morfológicas.** Proyecto FONDART de Artes Visuales. Valparaíso, Chile: GARIN.
- Lyndenmayer, A. (2000). *The Beauty algorithm of Plants*. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Mandelbrot, B. (2000). **Los Objetos Fractales.** Madrid, España: TUSQUETS.
- Oyarzún, P. (2000). **Anestésica del Ready-made.** Santiago, Chile: LOM.
- Schumacher, P. (2008a,b). *Parametricism as Style - Parametricist Manifesto*. Venice, Italy: Presented and discussed at the Dark Side Club, 11th Architecture Biennale. Recuperado de: <http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20as%20Style.htm>



especialidad.

**Omar Eduardo Cañete Islas**  
e-mail: [ocanetei00@yahoo.es](mailto:ocanetei00@yahoo.es)

Nacido en Chile. Docente de la Escuela de Arquitectura, Universidad de Valparaíso, Chile; Magister en Psicología Social; Docente de la carrera de Arquitectura desde el año 2000 hasta la fecha. Trabajos en temas de forma, territorio y ciudad, además de procesos creativos. Diversos artículos en revistas indexadas de

El contenido de este manuscrito se difunde bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](#)