



Revista de Arquitectura e Ingeniería  
ISSN: 1990-8830  
Olga-Toledo@empai.co.cu  
Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería  
de Matanzas  
Cuba

## Diseño computacional en la conceptualización arquitectónica: conceptos principales.

---

**Borges Alfonso, Brian Robinson**

Diseño computacional en la conceptualización arquitectónica: conceptos principales.

Revista de Arquitectura e Ingeniería, núm. 3, 2021

Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas, Cuba

**Disponible en:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193969257005>

# Diseño computacional en la conceptualización arquitectónica: conceptos principales.

Computational design in architectural conceptualization:  
main concepts.

Brian Robinson Borges Alfonso [bbalfonso@uclv.cu](mailto:bbalfonso@uclv.cu)  
*Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas., Cuba*

**Resumen:** El diseño computacional es un estilo consolidado que se está evidenciando mucho más en el diseño y el trabajo arquitectónico. En la actualidad su uso ha sido muy difundido, no solo en instalaciones experimentales, sino también en grandes proyectos, por medios de recursos computacionales de programación geométrica y análisis técnico. Este documento propone consideraciones metodológicas que permitan reconocer con facilidad en qué consiste el diseño computacional, los factores que intervienen dentro del mismo, así como sus principios básicos a fin de promover su aplicación en la conceptualización arquitectónica.

**Palabras clave:** Diseño computacional, diseño paramétrico, algoritmos, Grasshopper, Rhino 3D, análisis Computacional, fabricación digital.

**Abstract:** Computational design is a consolidated style that is becoming much more evident in architectural design and work. Currently its use has been widespread, not only in experimental installations but also in large projects, by means of geometric programming and technical analysis of computer resources. This document proposes methodological considerations that allow us to easily recognize what the computational design consists of, the factors that intervene within it, as well as its basic principles in order to promote its application in architectural conceptualization.

**Keywords:** Computational design, parametric design, algorithm, Grasshopper, Rhino3D, computational analysis, digital fabrication.

## Introducción

La historia del diseño computacional comienza desde los años 60 con el nacimiento de las ciencias de la computación y la cibernética, donde la relación humano máquina llegó para aumentar las habilidades creativas de los arquitectos, según plantea [1]. El diseño computacional es conformado por herramientas y métodos prestados de las ciencias de la computación, geometría computacional y otros campos adaptados a problemas del diseño y la arquitectura específicos como: desarrollo, fabricación, análisis, interacción y comunicación. En la actualidad, el desarrollo impone cada vez más el uso de los medios computacionales. Desde el surgimiento de los CAD (Computer Aided Design) hasta BIM (Building Information Modelling), existe una serie de programas enfocados en el diseño y la simulación arquitectónica empleados en las carreras de Arquitectura en la Facultad de Construcciones de la UCLV, el uso de estos es limitado por dos condiciones, la procedencia, debido a su carácter de software propietario y el poco entendimiento de los métodos computacionales para la obtención de geometría y análisis computacional.

Revista de Arquitectura e Ingeniería,  
núm. 3, 2021

Empresa de Proyectos de Arquitectura e  
Ingeniería de Matanzas, Cuba

Recepción: 16 Septiembre 2021  
Aprobación: 11 Octubre 2021

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193969257005>

Con este artículo se propone el diseño computacional como metodología para integrar aspectos técnicos a los proyectos arquitectónicos con fin de promover su aplicación y orientar el uso de las nuevas tecnologías digitales en el trabajo de la profesión y en la docencia.

Todo ello por medio de casos estudiados (elaborados por el autor) que muestran no sólo las diversas técnicas de modelación constructiva, sino, programación geométrica, optimización estructural, simulación estructural, simulación ambiental y fabricación digital. Se pretende, además, hacer énfasis en el aprendizaje del diseño computacional, teniendo en cuenta, que sería beneficioso no solo para mejorar la calidad científico técnica del desarrollo de las soluciones arquitectónicas por los estudiantes de la disciplina de arquitectura y urbanismo, sino que permitiría generalizar el uso de esta metodología, logrando mayor reducción de errores en las soluciones y menores tiempos para la generación de variantes.

## Métodos y Materiales

El diseño computacional brinda mayor creatividad, más opciones y variantes en el diseño, además de sostenibilidad de las soluciones, pudiendo analizar y evaluar las reglas y criterios de diseño planteados por los arquitectos de manera holística integradora a través de algoritmos en menor tiempo que el método analógico.<sup>2]</sup>

Existen 4 términos que se confunden con diseño computacional y estos son:

CAD (Computer Aided Design): Se refiere al dibujo y la modelación, digital sea AutoCAD, Sketchup, Blender, 3dmax Studio, etc.

BIM (Building Information Modelling): Simulación digital de los elementos y procesos constructivos dentro del ciclo de vida, Archicad, Revit.

Diseño Digital: Conceptualmente el diseño ocurre en un medio digital.

Digitalización del diseño: Foto modelación, escáneres 3d, nubes de puntos.

Existe una gran variedad de programas para su uso, entre estos se hace mención al Grasshopper, un plug-in para el software Rhinoceros 3D, gratuito y de rápido aprendizaje [3]. Las cualidades más llamativas del GH es la existencia de extensiones, desarrolladas por terceros, que expanden las capacidades de la herramienta a funcionalidades específicas, como son la búsqueda de forma por principios físicos (Kangaroo), para la realización de análisis ambientales (Ladybug), para la realización de análisis estructurales (Karamba), todas estas extensiones son gratuitas y vinculables entre sí, constituyendo un set de herramientas para el desarrollo del diseño computacional.

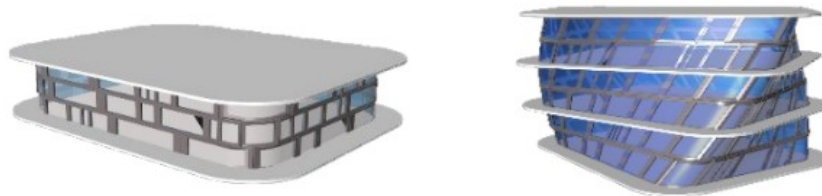
Para referirse al diseño computacional hay que tener en cuenta 7 conceptos principales: diseño paramétrico, diseño algorítmico, diseño de combinaciones, modelos generativos, algoritmos evolutivos, análisis computacional y fabricación digital. Seguidamente se hará referencia a cada uno de estos.

### 1-Diseño Paramétrico

En la matemática “parámetros” son las variables de una función, las cuales determinan un producto final. En arquitectura se pueden contar con variables como cantidad de pisos, altura de estos, número de aberturas en fachada, etc. Estos en conjunto informan el procesamiento de estos componentes, con un pensamiento morfológico.

Permite tener control sobre la geometría desde el momento en que se declaran las reglas que la definen.

El primer caso (Figura. 1) es una torre conceptual desarrollada a partir de una geometría rectangular de base, distribuida en el eje z, con un ritmo determinado por una serie numérica donde los componentes son la altura de cada piso y la cantidad de pisos, su geometría después se condiciona a una rotación de cada curva que se desplaza en el eje z y se obtiene este comportamiento, dentro de las definiciones de GH (Grasshopper), este es uno de los más sencillos a desarrollar.



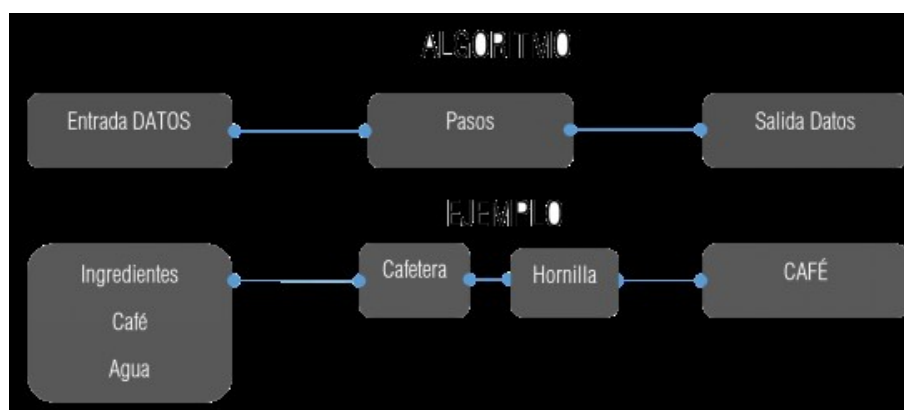
**Figura 1**

Esquema de edificio paramétrico en dos etapas.

Elaborada por el autor.

### 2-Diseño algorítmico

Es un método, definido por la sumatoria o la consecutividad de pasos, donde el producto final está definido por estos. Muchas actividades humanas se determinan como algoritmos.



**Figura 2**

Definición conceptual de un algoritmo.

Elaborada por el autor.

En el diseño de algoritmos es posible adaptar los existentes de acuerdo a los propósitos necesitados. La creación de algoritmos es una habilidad que requiere de paciencia, práctica y tiempo para su desarrollo [4]

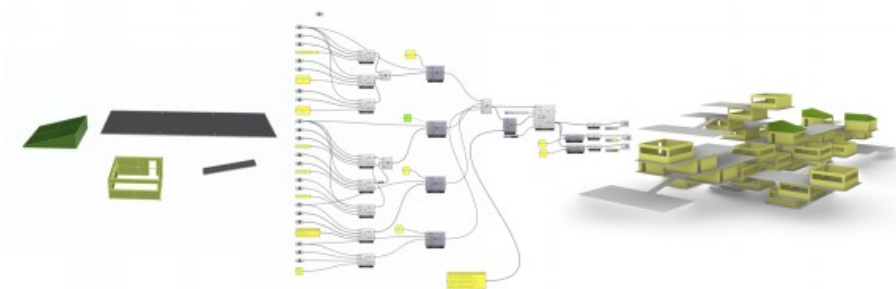
El proceso para la creación de algoritmos consta de cuatro pasos:

- 1-Resultado deseado.
- 2-Identificar pasos claves para alcanzar el resultado.
- 3- Examinar datos iniciales y parámetros.
- 4-Definir datos intermedios para generar datos faltantes.

Su importancia radica en lograr una conectividad de pasos en el proceso creativo tanto en la academia como en la producción, fortaleciendo las habilidades de los creadores, enfocándose en resolver problemas concretos con pasos concretos, abarcando e interactuando con todos los procesos, permitiendo modificar pasos intermedios dentro del proceso en caso de ser necesario su modificación.

#### 3-Diseño de combinaciones

Se puede generar una extensa variedad de opciones de diseño, se pondría como ejemplo los legos, donde las variaciones están dadas por los parámetros del elemento que se combina. A partir de la determinación de parámetros y reglas y de geometrías básicas, se entrelazan por comportamientos que se determinen, esto evita tener que realizar estas modificaciones de forma manual.



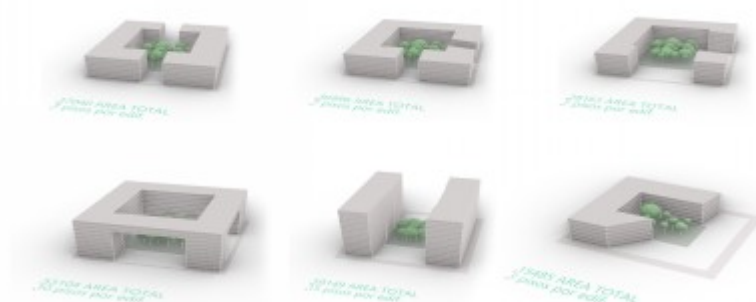
**Figura 3**

Combinaciones de geometrías básicas en Wasp/Grasshopper plug-in Rhino3D.

Elaborada por el autor.

#### 4-Modelos generativos

Está basado en la generación de cantidades calculables de soluciones de diseño y el uso de procedimientos de ranking según criterios definidos por los creadores, ejemplo de estos criterios pueden ser costos, comportamiento estructural, áreas útiles, áreas de circulación, entre otras, al hacerlo así de forma computacional permite reducir tiempo para buscar mejores soluciones, no siendo así de forma manual. El uso de este método se ha convertido en la avanzada en el desarrollo arquitectónico urbano [2] (Figura 4) .



**Figura 4**

Muestreo de soluciones, manzana paramétrica.

Elaborada por el autor.

Este caso se basa en la creación de una definición en GH que permita a los estudiantes que cursan asignaturas de urbanismo generar variantes de tipologías de manzanas según los parámetros a analizar, así como las reglas a evaluar como área útil cantidad de pisos y posición de las entradas a la manzana, disminuyendo el tiempo para la generación de un mayor número de variantes.

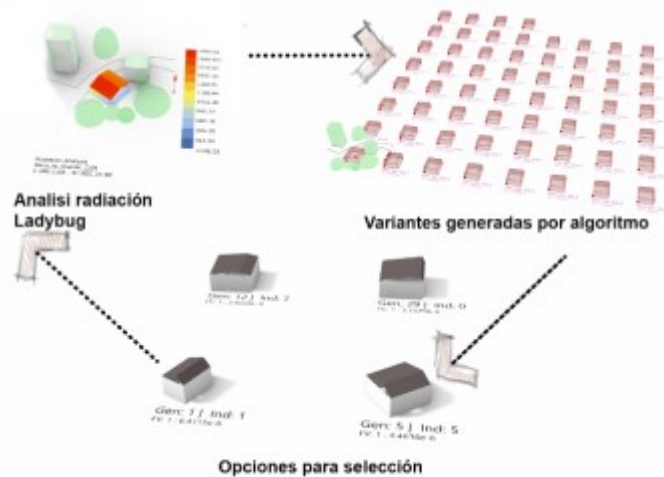
#### 5-Algoritmos evolutivos

Está basada en la optimización evolutiva en problemas multi-objetivo, la cual es un conjunto de metodologías dentro del campo de la inteligencia artificial que utilizan los principios de la evolución biológica para la búsqueda de soluciones óptimas a problemas complejos [5]

Los problemas multi-objetivo, tienen objetivos parciales que están en conflicto entre sí[6], cuando uno se mejora el otro empeora siendo difícil buscar armonía en su relación. El ejemplo a continuación (Figura. 5) es una cubierta con las reglas de posición del caballete, rotación con respecto al norte y dimensiones según parámetros modificables los cuales reciben el nombre de genes, a través del algoritmo genético es posible buscar cual es la variante más adecuada modificando este genoma de modo que se obtenga mayor radiación para el posicionamiento de paneles solares. Se utilizó Galápagos Evolutionary Solver, elaborado por David Rutten y Ladybug para los análisis de radiación sobre la volumetría generada en Rhino3D y GH.

Existen otros como el Biomorpher y Wallacei x que desarrollan la misma función, pero con diferencias en operaciones y procesos de optimización, usados para el mismo fin.

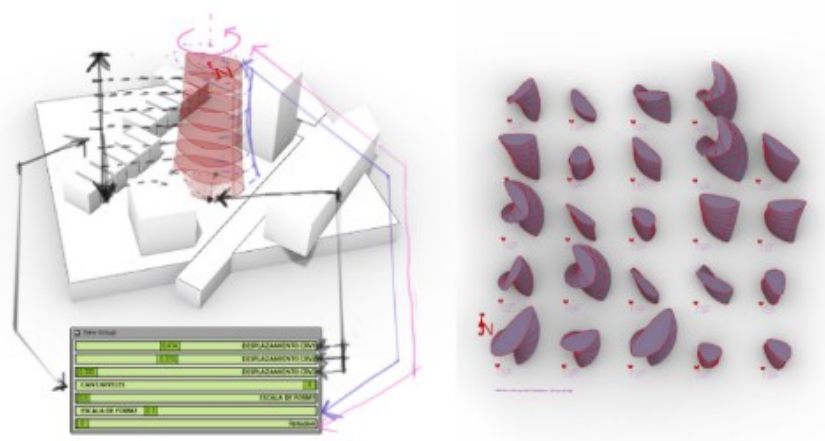
El último procesador evolutivo mencionado anteriormente se utilizó en el ejemplo siguiente (Figura. 6). Como primer paso se define por parámetros (genes) de la geometría teniendo en cuenta tres objetivos a evaluar: minimizar costos de inversión, minimizar incidencia de radiación solar y maximizar el área útil. Estos se extraen de dicha geometría como valores numéricos, se estima un coeficiente de costo y se multiplica por el área generada, se realiza el análisis de incidencia de radiación solar a la geometría envolvente (Ladybug, ubicación geografía obtenida de Energyplus, Sagua la Grande, Cuba) y se determina la sumatoria de todas las áreas por piso.



**Figura 5**

Esquema de procedimientos, selección de variantes y como se pueden reevaluar las encontradas.  
Elaborada por el autor.

Por consiguiente, se define dentro de la configuración del procesador evolutivo la población dividida por generaciones y la cantidad de individuos por generación entre otros parámetros importantes como probabilidades de entrecruzamiento y probabilidades de mutaciones, estos valores se integran al procesador y comienza a calcular. Los resultados que se obtienen del proceso son variantes geométricas y datos estadísticos para análisis posteriores, ya que cuando se generan varios óptimos más o menos equivalentes esta metodología actúa de forma informativa al diseñador bajo una lógica de trabajo GFCL (Generate First-Choose Later)[6]. El diseñador queda con la libertad de escoger de los óptimos generados a criterios adicionales a los contemplados inicialmente.



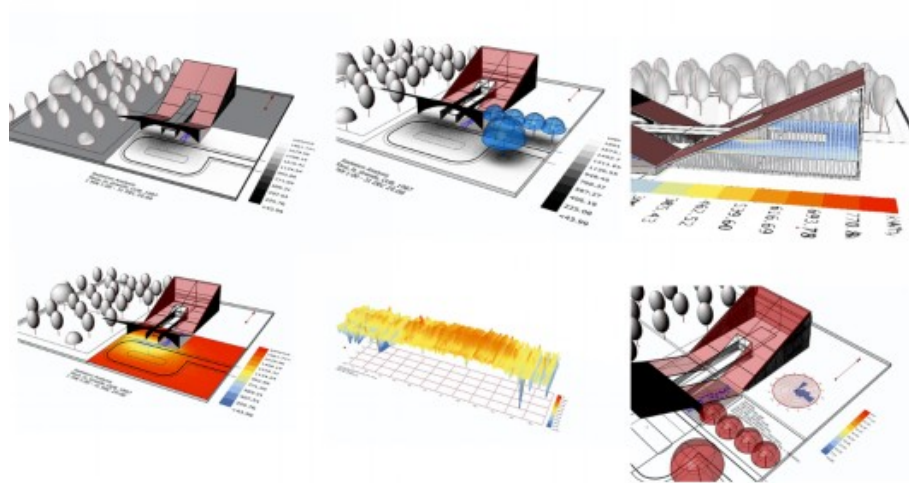
**Figura 6**

Esquema de procedimientos, selección de variantes y como se pueden reevaluar las encontradas.  
Elaborada por el autor.

## 6- Análisis Computacional



En este ejemplo se muestra lo referente a la simulación ambiental [7] que puede realizarse a una obra o contexto, para evaluar las condicionantes y criterios, además de simular los comportamientos de elementos en función del confort ambiental. Lo relevante de esto no es solo el análisis sino la posibilidad de experimentar las soluciones que pueden funcionar en esas condiciones, permitiendo la reducción de errores.



**Figura 7**

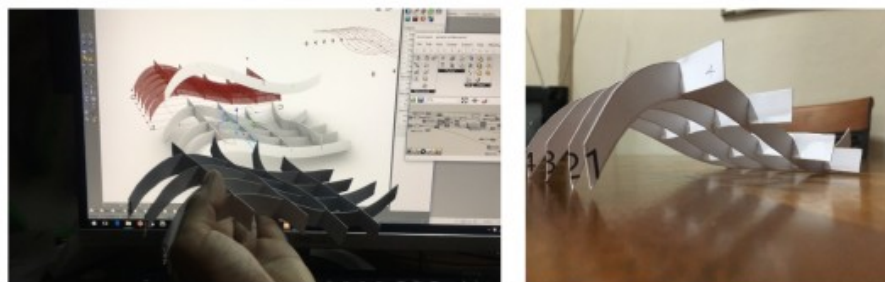
Esquema de análisis ambiental, Ladybug

Elaborada por el autor.

En la Figura. 7 se muestra un análisis que posibilitó la elección y cualificación de soluciones eficaces para el control solar, la disminución de la temperatura en el área pública y un mejor aprovechamiento de los vientos por la disposición del volumen.

#### 7-Fabricación Digital

A través de la geometría basada en parámetros y algoritmos se puede importar o usar directamente para la fabricación digital, o para la fabricación en general, en dependencia de la disponibilidad de hardware (CNC corte, impresora 3d) para su materialización. Se muestra en la Figura. 8, un ejemplo de la consolidación de una forma con planos seriados para utilizar en una clase de diseño dirigida a los estudiantes de arquitectura de primer año, para mostrar un modelo de mobiliario para espacio público.



**Figura 8**

Comparación modelo realidad

Elaborada por el autor.



Se utilizó una superficie guía para la distribución de los elementos tanto en longitud como su latitud (UV), los cuales se dispusieron orientados en el plano xy para su posterior impresión y ensamblaje. Este proceso es utilizado en la creación rápida de prototipos como el ejemplo mostrado, se pueden mostrar diversas técnicas de fabricación, tanto aditivas (impresora 3d), como técnicas sustractivas (corte por láser y fresado).

#### Conclusiones

A partir de las experiencias anteriores es posible reconocer las innumerables ventajas que aporta el diseño paramétrico a la arquitectura, considerando que la programación geométrica no solo se limita al marco digital, sino que pudiera contribuir de forma positiva al desarrollo formal y estructural del proyecto arquitectónico, por medio de la incorporación de condicionantes técnicas que contribuyen a un mejor desempeño de las obras. Se expresan en los ejemplos prácticos la implementación de los recursos computacionales de programación geométrica y cómo estos contribuyen enormemente a lograr mayor diversidad y eficiencia del trabajo arquitectónico.

Este documento plantea condiciones generales para la aplicación de las nuevas técnicas paramétricas y busca, por consiguiente, apoyar el desarrollo constructivo y lograr un mejor comportamiento de los diseños en el ámbito productivo y la enseñanza en las Facultades de Arquitectura del país.

Se puede generar una extensa variedad de opciones de diseño, se pondría como ejemplo los legos, donde las variaciones están dadas por los parámetros del elemento que se combina. A partir de la determinación de parámetros y reglas y de geometrías básicas, se entrelazan por comportamientos que se determinen, esto evita tener que realizar estas modificaciones de forma manual.

## Bibliografía

1. Mengues, A., & Ahlquist, S. (2011). *Computational design thinking*.
2. Schumacher, P. (2009). Parametricism A New Global Style for Architecture and Urban Design. *Architectural Design*, 79, 14-23. doi:10.1002/ad.912
3. Herrera Polo, P. C. (2011). Rhinoscripting y Grasshopper a través de sus instructores: estudios de patrones y usos. *XIV Congreso de la Sociedad Gráfica Digital(SiGraDi)*.
4. Rajaa Issa, R. M. A. (2020). *Essential Algorithms and Data Structures for Computational Design in Grasshopper* (First Edition ed.).
5. Bentley, P. (1999). *Evolutionary design by computers*. Morgan Kaufmann.
6. Caldera, S., Loyola, M., & Silva, G. (2013). Uso de herramientas paramétricas de optimización evolutiva y simulación energética en el diseño basado en performance. *SIGraDi /Performance Based Design*, 343-347.
7. Lobaccaro, S. C., Viridiana Acosta Leon. (2016). Solar optimization of housing development. *Energy Procedia*, vol-91, pp. 868-875.