

**V CONGRESO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA
XI CONGRESO NACIONAL DE PROFESORES DE EXPRESIÓN GRÁFICA
EN INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y ÁREAS AFINES**

EGraFIA 2014

Rosario, ARGENTINA

1, 2 y 3 de octubre de 2014

CECILIA MARÍA NICASIO-MARTIN FIRPO-GUADALUPE ALVAREZ-SOLEDAD CORAZZA.

Inga Civil. Arquitecto

Arquitectura U.B.P

Córdoba. Argentina

Av. Donato Álvarez 380 – CP. 5147 – Argüello

Córdoba - Argentina

**REPRESENTACION GRAFICA COMO INSTRUMENTO GENERADOR DE MODELADO
PARAMETRICO DE ESTRUCTURAS**

Extensión

Difusión de la Expresión Grafica a niveles extra-disciplinarios

ABSTRACT

Parametric Modeling is an important resource for the graphic representation and conceptual design, especially in the structural configuration, allowing precisely control design modifications.

In this work a parametric structural modeling experience described in the workshop faculty research structural architecture, this work is part of a research project conducted by extension the university.

The objective is to show the process of generating graphical structures by involving the development and rationalization of complex geometries which are applicable to the free-form architecture of today. The potential offered by specific parametric design software and graphic representation in this field such as scripting and algorithms Rhinoscript or Grasshopper.

The work demonstrates the ability to generate graphic grasshopper possible formal geometries as input nodes and bars in structural analysis programs, their ability to adapt from parameterized control variables and conclude with the generation of multiple alternatives from the main algorithm, show different structural possibilities, to reach the optimum and convergence efficiency and aesthetics.

RESUMEN

El Modelado Paramétrico es un importante recurso para la representación grafica y el diseño conceptual, en especial en la configuración estructural, ya que permite controlar con precisión las modificaciones del diseño.

En este trabajo se describe una experiencia en modelado paramétrico estructural, en el taller de investigación estructural de la facultad de arquitectura, dicho trabajo se enmarca en un proyecto de investigación y extensión llevado a cabo por dicha universidad.

El objetivo del mismo es mostrar un proceso de generación de estructuras mediante la grafica que implica el desarrollo y racionalización de geometrías complejas las que son aplicables a la arquitectura de formas libres del mundo actual. La potencialidad que brindan los software específicos de diseño paramétrico y representación grafica en este campo como son los scripting y algoritmos de Rhinoscript o Grasshopper.

El trabajo desarrollado demuestra la capacidad de grasshopper en la generación grafica de posibles geometrías formales como ingreso de nudos y barras en programas de cálculo estructural, su capacidad de adaptación a partir del control de las variables parametrizadas y concluir con la generación de múltiples alternativas a partir del algoritmo principal, demostrar las distintas posibilidades estructurales, hasta llegar a la óptima como convergencia en la eficiencia y estética.

1.- INTRODUCCIÓN

La estructura paramétrica es aquella que está asociada a una forma particular de producción basada en parámetros y un sistema de relaciones que le confiere flexibilidad a sus componentes.

Denominada también estructura digital o genética, la diferencia básica entre esta y otras forma de producción se da en el proceso. Lo importante en el proceso es la programación. Es necesario usar algoritmos y programar, por eso se requiere el manejo de conocimientos de geometría y matemáticas.

En un proceso de diseño paramétrico se produce una estrecha relación entre la herramienta, la programación, el concepto del proyecto y su materialización final.

El modelado paramétrico por ordenador funciona como una hoja de cálculo convencional, guarda las relaciones entre las diferentes características del diseño y las constituye en ecuaciones matemáticas. De esta forma permite que cualquier elemento del modelo cambie y se regenere, dando lugar a un modelo "vivo", un modelo con el potencial de producir una diversidad infinita de formas.

El empleo de algoritmos permite establecer una serie de leyes o reglas capaces de definir de manera clara y precisa una forma determinada. Este sistema favorece el desarrollo de geometrías de gran complejidad con formas aparentemente aleatorias, pero inscritas en un sistema matemático o geométrico conocido y controlable. De esta manera las formas gozan de un orden interno y una lógica propia. El conocimiento y control de las propiedades y los parámetros que rigen estas formas aparentemente aleatorias amplía la capacidad de explorar y desarrollar su potencial. Así, el interés del proyecto radica tanto en la forma como en el proceso que la genera.

Paralelamente al proceso de generación de estructuras de formas libres y complejas, las técnicas de cálculo estructural se utilizan para comprobar la validez de las soluciones planteadas dejando a la programación paramétrica la generación geométrica, entrada necesaria para la utilización de cualquier programa de cálculo. De esta forma generaremos nudos con sus coordenadas y barras de una manera más eficiente especialmente en estructuras tridimensionales y de formas libres.

Últimamente, y debido al avance en la velocidad de los cálculos computacionales, la optimización de estructuras ha derivado en la aplicación de modelos matemáticos en búsqueda de la mejor solución estructural.

2.- METODOLOGÍA

Dentro del proceso creativo paramétrico podríamos distinguir tres fases principales:

- . La definición de parámetros: descripción del objeto o forma a través de distintas variables y relaciones.
- . La creación de reglas: implica el uso de lenguajes de programación computacional, instrucciones para llevar a cabo acciones específicas - scripting -. Las reglas se basan en parámetros y ofrecen distintas posibilidades de acción. Pueden permitir la programación interna de

aplicaciones de manera de automatizar tareas repetitivas. El script produce propiedades generativas particulares, su propia lógica.

. La generación geométrica y exportación del diseño propuesto: la combinación de tecnologías computacionales permiten materializar formas irregulares y complejas de forma sistematizada a través de sus coordenadas espaciales (nudos) y barras.

En el presente trabajo nosotros abordaremos el concepto y la importancia que tiene la generación y potencialidad que tienen los algoritmos, entendiendo al concepto como un procedimiento de resolución de problemas paso a paso, especialmente de tipo computacional, establecido y recursivo, para solucionar un problema en un número limitado de pasos.

Antes de que existieran los ordenadores ya se utilizaban algoritmos como medio para crear formas. Su utilización hace posible obtener resultados mediante un proceso continuo.

El algoritmo tiene las siguientes características, es:

- 1-Dinámico e interactivo porque responde a la persona que lo controla.
- 2-Abierto porque permite la reprogramación. Usando, en este caso como herramientas un software(rinocero+grashoper) se puede diseñar un proceso que siga las reglas de los algoritmos y al mismo tiempo las rompa alcanzando efectividad, y resultados infinitos, interesantes y complejos.

3.- DESARROLLO

Analizaremos distintos casos con el objetivo de modelar geometrías estructurales que posibiliten el ingreso de datos en forma fácil y práctica a un soft específico de cálculo estructural, para poder analizar y verificar el comportamiento estructural.

Aplicar el concepto paramétrico, el que con un mismo algoritmo podemos generar infinitas geometrías valorando así las distintas alternativas que esos casos generan pudiendo evaluar los distintos requerimientos estructurales en cada caso

Este es el caso de un edificio similar al edificio "Suis Re" de Norman Foster.

El tema de estudio es generar por medio del soft grasshopper distintas soluciones de pieles estructurales, y distintas variaciones que pueden tener cada una de estas posibilidades.

Primeramente se modela su geometría, la cual es generada por una serie de curvas movidas y copiadas, para luego ser escaladas y posteriormente definir una superficie envolvente que las contiene, generando la volumetría exterior del edificio la que se muestra en la figura 1 a,b,c,d.

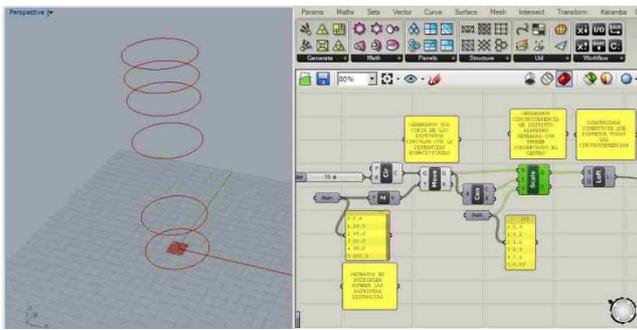


Figura 1a

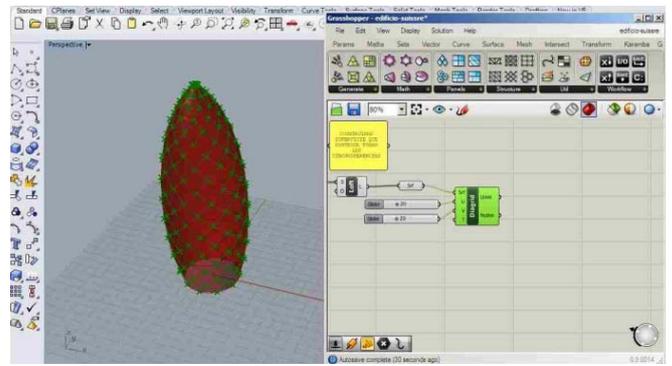


Figura 2a

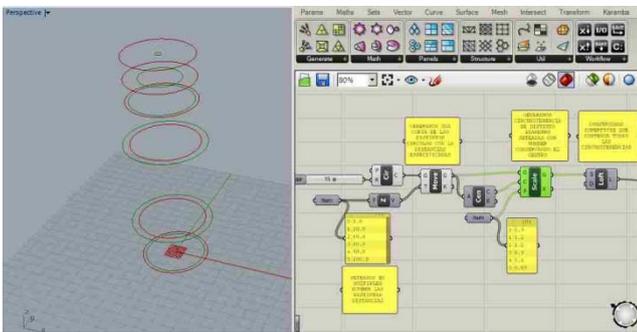


Figura 1b

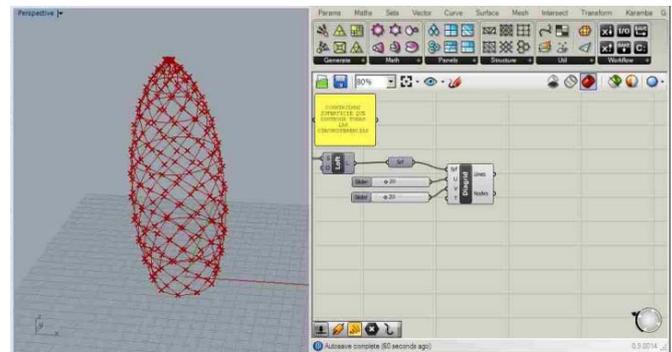


Figura 2b

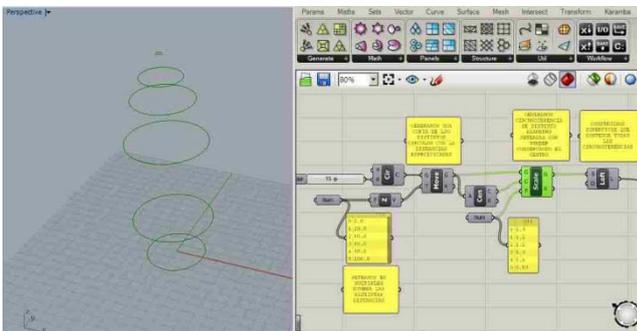


Figura 1c

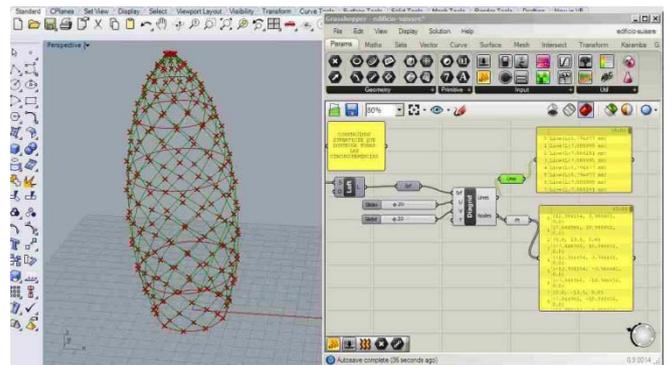


Figura 3a

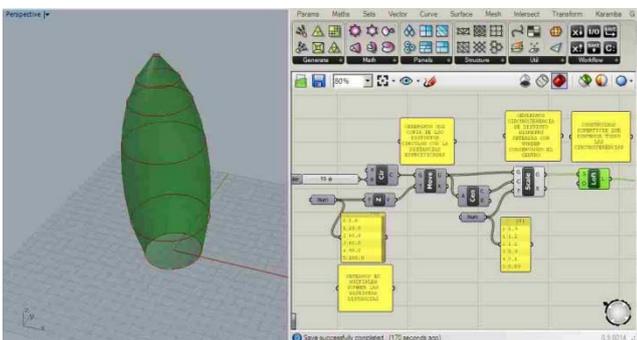


Figura 1d

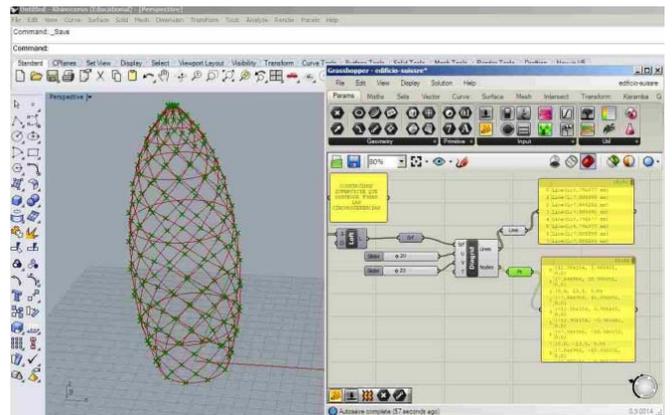


Figura 3b

El mismo algoritmo nos permite identificar nudos y barras, que son los elementos necesarios para ingresar geoméricamente a cualquier programa de evaluación estructural, en la figura 3 a y b se ven identificados los nudos a la izquierda y en el panel figuran sus coordenadas espaciales, y a la derecha se identifican las barras.

Posteriormente se procede a través de plugin específicos en este caso hemos usado el plugin lunchbox, el cual permite general distintas tipologías de pieles estructurales, en este primer caso se evalúa un tipo diamante, el algoritmo permite que la separación de las barras que constituyen el diagrama sean variables, esto nos permite generar distintas geometrías y alternativas de pieles estructurales variando el paso de las mismas. Figura 2a y 2b

En la figura 4 podemos observar, que hemos cambiado las variables de separación de la malla generando dos alternativas nuevas a la misma solución de diamantes las variables están ubicadas en 20 en sentido vertical y 26 en sentido horizontal

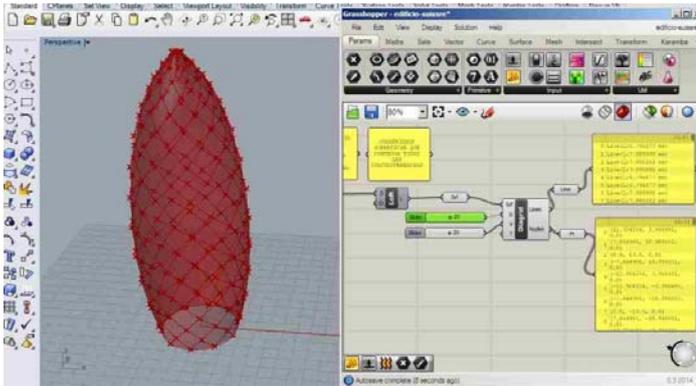


Figura 4

En este caso las variables de separación de la grilla las seteamos en 4 en sentido vertical y 26 en sentido horizontal. Generando una nueva configuración. Lo cual puede verse en la figura 5

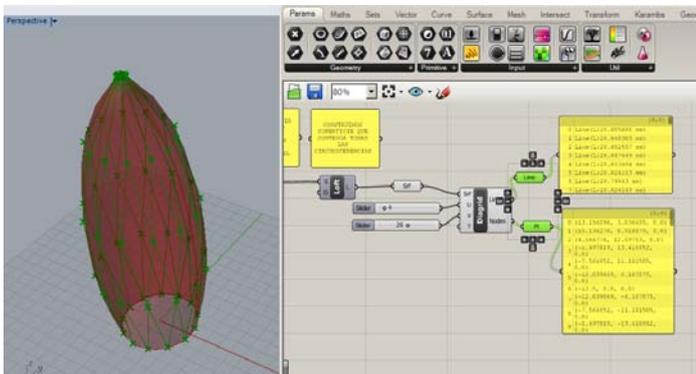


Figura 5

Así podemos proponer otras tres tipologías de pieles, en este caso hexágonos, al que podríamos variar su paso en ancho y altura y generar nuevas alternativas estructurales. Figura 6

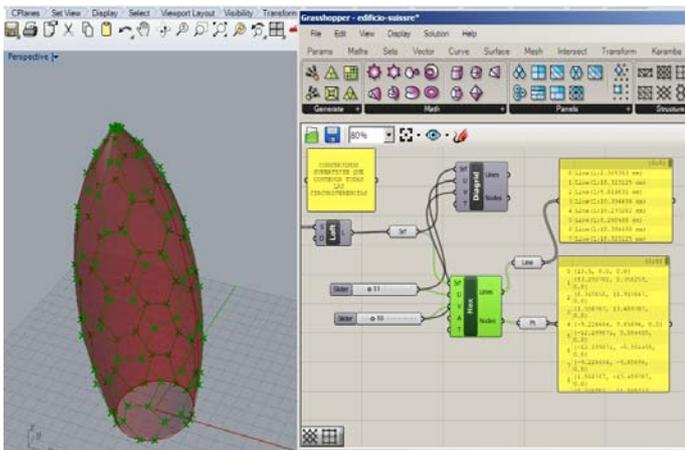


Figura 6

Otra solución sería el caso de una piel rectangular con diagonales en una dirección que también podría generar distintas alternativas al variar su densidad. Figura 7

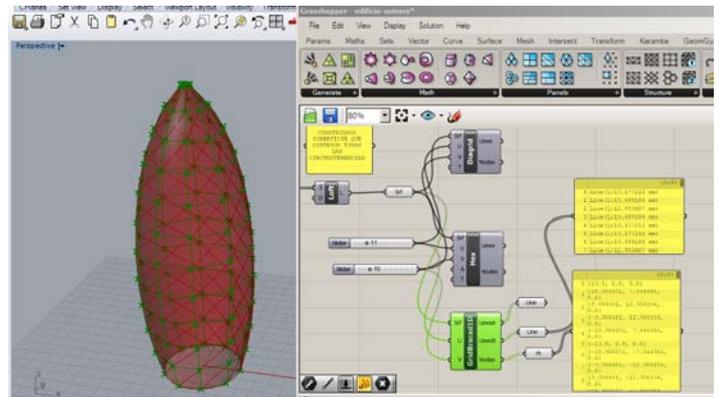


Figura 7

Por último mostramos las tres soluciones posibles una vez generadas las geometrías como ingreso de cualquier programa de análisis de cálculo. Figura 8

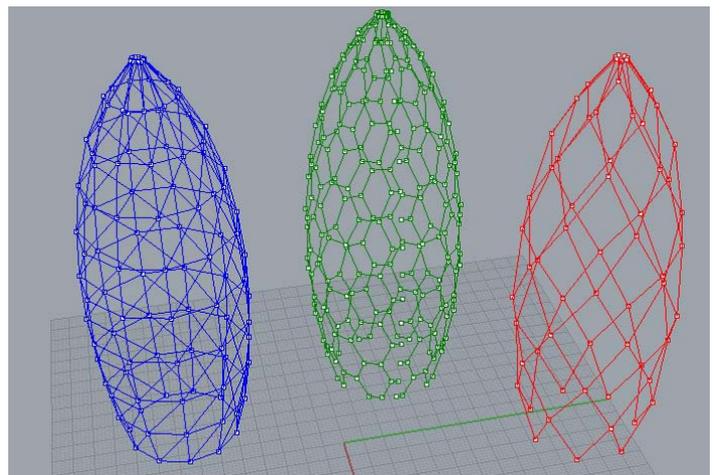


Figura 8

Posteriormente exportamos las geometrías generadas y las importamos en un programa de cálculo. En la figura 9 podemos ver la toma de datos desde un programa de evaluación estructural, en donde observamos captación de los datos geométricos con sus correctas coordenadas en tres dimensiones. En este caso solo tenemos que adicionar las restricciones de apoyos, las propiedades mecánicas de las barras, secciones, materiales, cargas y estados de carga. En este caso se corrió el modelo con un espectro de diseño sísmico correspondiente al de la ciudad de Córdoba.

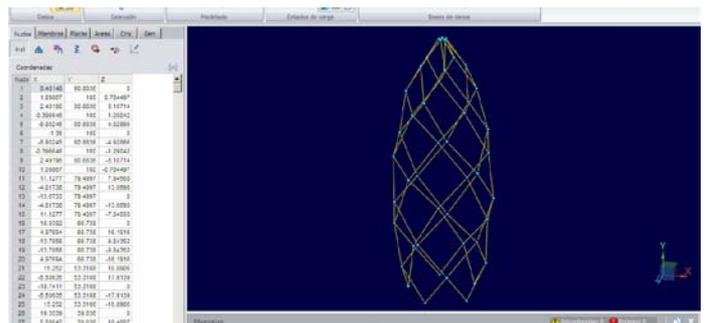


Figura 9

Se optimizo el modelo comprobando deformaciones y secciones, esfuerzos normales y momentos. Para el

cual las secciones resultantes fueron de tubos de 900mm. Figuras 10

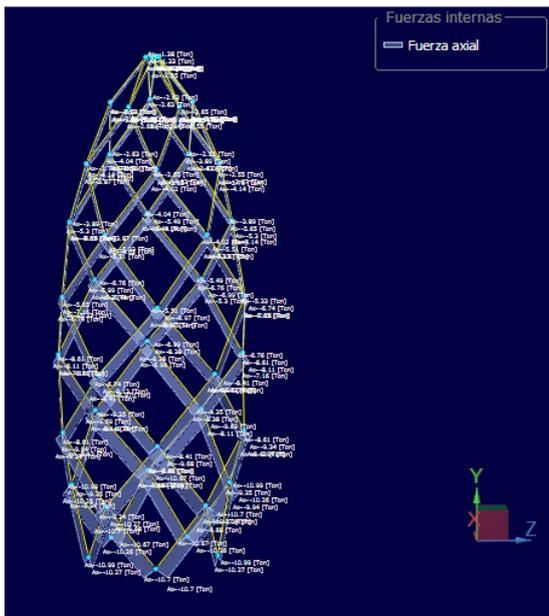


Figura 10

Luego se ingresa el segundo caso con un paso menor, en esta figura se muestra el aspecto para el caso en que fijamos variables $u=11$, y $v=10$, también probamos el caso de aumentar su densidad, a $u=21$ $v=21$ logrando consecuentemente secciones más bajas, en este caso 500mm. Figura 11, con la consiguiente repercusión en cuanto a lo estético y formal. De esta forma las distintas alternativas evaluadas, con distinto paso y sección tendrán una consecuencia estética, funcional y económica en cuanto a las secciones resultantes del análisis estructural. Pero que se podrán valorar en forma muy rápida las distintas posibilidades geométricas según la grilla pueda ser ajustada con mayor o menor paso. Figura 11 a y b.

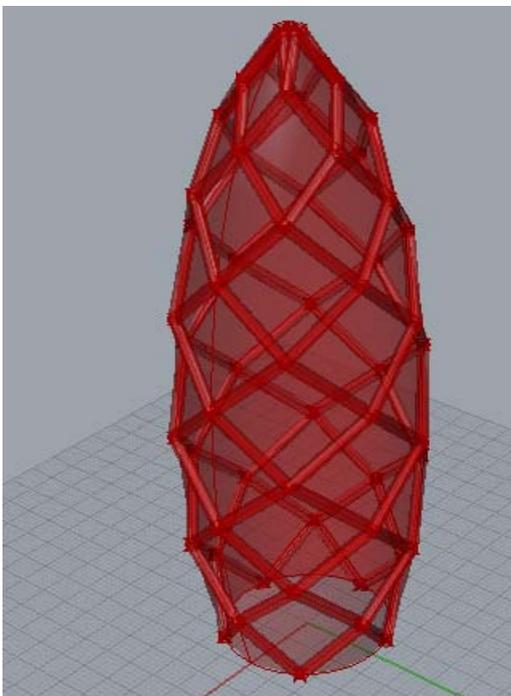


Figura 11a

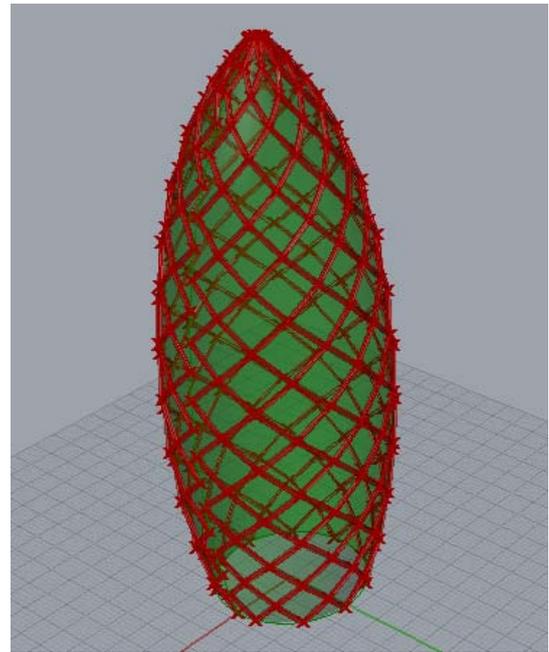


Figura 11b

Si bien estos casos han sido desarrollados con un plugin propio del software grasshopper, es posible la generación de pieles de cualquier tipo, totalmente variables, que podemos evaluar exactamente con cualquier programa de análisis estructural. Por ejemplo analizaremos el siguiente caso en que hemos acoplado un algoritmo de generación propia y se lo hemos insertado a la superficie exterior en el cual se agregan barras horizontales. Figura 12.

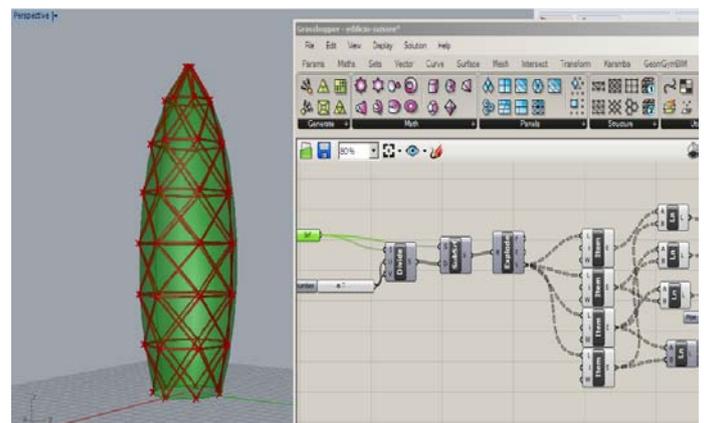


Figura 12

Y por ultima todo es posible, cualquier generación de malla es geoméricamente posible y fácil de realizar y su posterior evaluación en cualquier programa de análisis estructural, en la figura 13 podemos ver una piel totalmente aleatoria, en la cual podemos variar su separación modo en que se vincula por pisos y sacar la geometría para valorar su eficiencia en cuanto a otra alternativas o soluciones planteadas.

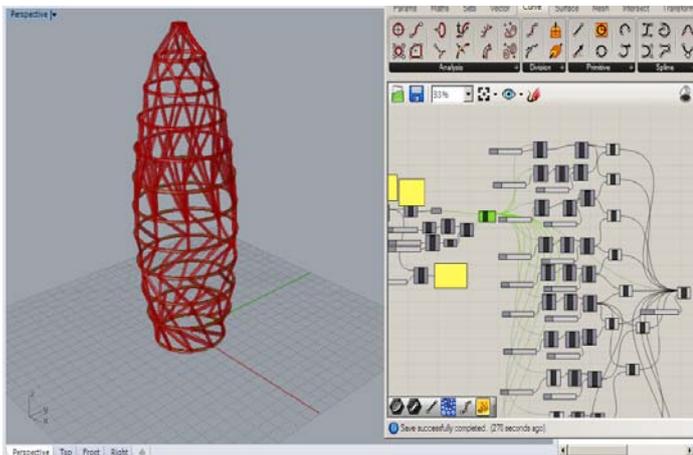


Figura 13

5-REFERENCIAS

- [1] MOUSSAVI, F. (2009). The function of Form. Ed. Actar. Harvard Univ. Graduate School of Design.
- [2] BERNABEU LARENA, A. (2007) Estrategias de diseño estructural en la arquitectura contemporánea.
- [3] El trabajo de Cecil Balmond. Univ. Politécnica de Madrid. E T S A. On line.
- [4] Revista C3 N°313. Septiembre de 2010. C3 Publishing Co. www.c3p.kr
- [5] Terzidis, K. (2006), Algorithmic Architecture. Oxford, UK, Architectural Press Elsevier.
- [6] Krauel, J. (2010). Arquitectura Digital - Innovación y Diseño. Editorial Links, Barcelona.
- [7] Sakamoto, T. (2008). From Control to Design. Parametric/Algorithmic Architecture. Ed. Actar

4-CONCLUSIONES

- Como pudimos analizar en estos casos, se verifica que el algoritmo generado a través de variables convenientemente elegidas, nos permite tener lo que se llama un modelo vivo que permite ser modificado cuando el diseñador lo requiera.
- El algoritmo nos permite generar una geometría que sirve de input en cualquier programa de cálculo al que solo se deben adicionar apoyos, secciones materiales y acciones y estados de carga.
- El algoritmo es dúctil y permite la búsqueda formal junto con la estructural a partir de múltiples configuraciones resultantes a medida que se modifican sensiblemente cada una de las variables de restricción geométrica, que podrá modificarse y adaptarse a sucesivas etapas de diseño del partido arquitectónico que defina la funcionalidad del edificio.
- La posibilidad de generar múltiples alternativas geométricas en forma rápida a partir de un mismo algoritmo tiene una importancia fundamental en el diseño estructural. Es precisamente la manipulación de la geometría a partir de un pensamiento evaluativo la que nos define como diseñadores.
- El modelado paramétrico es tan solo una herramienta de transformación de la información en donde las variables dependen de la claridad conceptual con el que definimos las reglas esenciales de las configuraciones estructurales.
- Su empleo ha potenciado la creatividad formal, ha revolucionado las estrategias proyectuales y la definición de los procesos de diseño, de fabricación y construcción posibilitando la valoración de estas geometrías y logrando una búsqueda eficiente entre el comportamiento estructural y la eficiencia formal.