

SOFTWARE COMO HERRAMIENTA DE GENERACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA FORMA ESTRUCTURAL

Nicasio, Cecilia María¹; Fernández Saiz, M. del Carmen²

¹Ingeniera Civil, ²Arquitecta

Taller de Investigación y Diseño Estructural - T.I.D.E.

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño - U.N.C.

e - mail de contacto: cecilia.nicasio@gmail.com

RESUMEN

En un proceso de generación geométrica se parte de la geometría como matriz de la forma estructural, mediante la utilización de recursos y herramientas computacionales, que permiten en una segunda instancia analizar gráficamente su comportamiento.

El uso de estos recursos posibilita también visualizar espacialmente la forma generada y realizar los ajustes necesarios con celeridad, lo que implica una ventaja de los modelos virtuales frente a maquetas reales.

El Plug-In Kangaroo, diseñado por Daniel Piker, permite diseñar a partir del comportamiento físico de superficies representadas por mallas, en busca de una forma arquitectónica de óptima eficiencia estructural. A partir de la deformación simulada de una lámina plana, es posible la obtención de formas complejas, generadas a partir de relajación o deformación hasta obtener aquella estructura que resulte más eficiente en su comportamiento desde el punto de vista de distintas variables, deformaciones de materiales tensiones límite o dejando constantes las longitudes de los elementos.

El presente trabajo presenta la utilización del software para la optimización de la estructura mediante la generación de su geometría a partir de leyes físicas (la geometría como expresión de la acción de las cargas), como estrategia de diseño a partir de entender al objeto arquitectónico como un proceso digital.

ABSTRACT

In a geometric generation process it is part of geometry as the structural matrix form, using resources and computational tools that allow a second instance graphically analyze their behavior.

The use of these resources also enables spatially visualize how generated and make the necessary adjustments quickly, which means an advantage of virtual models against real models.

The Plug-In Kangaroo, designed by Daniel Piker, lets you design from the physical behavior represented by meshes, looking for an architectural form of optimum structural efficiency surfaces. From the simulated deformation of a flat sheet, it is possible to obtain complex shapes, generated from relaxation or deformation until that structure that is more efficient in their behavior from the standpoint of different variables, deformation of materials tensions limit or leaving constant the lengths of the elements.

This paper presents the use of software for optimizing the structure by generating geometry from physical laws (geometry as an expression of the action of the loads), as a design strategy from understanding the architectural object as a digital process.

INTRODUCCIÓN

A partir de mediados del siglo XX ocurre la confluencia de una serie de fenómenos: la acumulación de experiencia en el traslado a la arquitectura de conceptos surgidos de la observación de la naturaleza, el desarrollo de la Teoría General de Sistemas como marco teórico interdisciplinario, la vigencia de la idea clásica de que la belleza en el arte se desprende de la mimesis de la naturaleza, valores propios de la cultura actual como la sostenibilidad y la eficiencia energética, el inicio de un desarrollo explosivo de la informática que facilita el manejo de grandes volúmenes de información, y el surgimiento de las oficinas de diseño multidisciplinarias, en las que un conjunto de profesionales de diversas áreas del conocimiento trabajan en colaboración.

Esta confluencia posibilita el desarrollo sistemático de ideas arquitectónicas tales como métodos de form finding, formas complejas ajustadas a las solicitaciones físicas, modelos de crecimiento fractal, diseño de dispositivos optimizados para cumplir múltiples funciones, organización espacial jerárquica y diseño algorítmico, que han orientado la búsqueda de la eficacia y la optimización de las estructuras en la arquitectura reciente.

Es necesario abordar con rigor, en el siglo XXI, el diseño estructural a distintas escalas; la generación geométrica a través de sistemas computacionales y la morfología son disciplinas capaces de brindar la información necesaria para alcanzar un nuevo nivel de eficacia y de optimización en las construcciones. Debemos considerar las solicitaciones provocadas por las fuerzas fundamentales en la materia, establecer una íntima relación entre sus huecos y el uso del espacio, y abordar el diseño de dispositivos con múltiples funciones, a distintas escalas. Una agenda de trabajo como ésta, implicaría la colaboración entre técnicos de diversas disciplinas, tales como matemáticas, física, química, informática, ingeniería y arquitectura.

Las nuevas estrategias proyectuales destacan el rol fundamental de las estructuras en el desarrollo de un planteo arquitectónico-tecnológico sustentable, como respuesta a nuevos paradigmas en cuanto a materiales, y posibilidades de conformación de los tipos estructurales, partiendo de la geometría como elemento generador de la forma arquitectónica-estructural mediante la utilización de recursos y herramientas computacionales, que permiten primero generar y luego analizar el comportamiento de las estructuras en el espacio.

Los métodos form finding comenzaron a utilizarse como instrumentos de diseño arquitectónico a finales del siglo XIX, basados en procedimientos empíricos que utilizaban la autoorganización que algunos sistemas materiales desarrollan bajo la influencia de ciertas fuerzas externas. Reproducían mecanismos naturales de autoorganización intentando descubrir formas eficaces para una determinada función. El arquitecto Antoni Gaudí fue el primero en diseñar sus construcciones basado en este tipo de experimentos, desarrollando procedimientos que le permitían encontrar formas óptimas para resistir las fuerzas gravitatorias.

En los puentes diseñados por Robert Maillart a principios del siglo XX, aparece por primera vez el concepto de formas complejas adaptadas a las solicitaciones físicas. Las características del hormigón armado indujeron a Maillart a imaginar y diseñar estructuras cuyos componentes pueden considerarse como un todo continuo, cuyas

formas se acercan o coinciden con la línea de presiones del sistema de cargas actuantes, y cuyas secciones se deducen de las solicitaciones físicas. En la medida en que el comportamiento de la materia es quien fundamentalmente determina la forma de la estructura y la geometría de sus secciones, podría considerarse que la metodología de diseño empleada por Maillart, si bien es analítica, recurre al concepto de auto organización de la materia para reducir la cantidad de material estructural.

DISEÑO ALGORÍTMICO

En la materia orgánica existen procesos codificados que determinan, fruto de la interacción de dicha materia con el medioambiente y con las fuerzas físicas, la emergencia de formas. Estos procesos de auto organización son no lineales, por lo que rara vez es posible observar en la naturaleza dos formas completamente idénticas. Cecil Balmond se ha planteado recientemente la posibilidad de diseñar estructuras utilizando procedimientos algorítmicos que emulan la complejidad de estos procesos naturales; partiendo de patrones eficaces para una determinada función y definiendo un recorrido, pretende diseñar formas complejas y optimizadas lo que implicaba el desarrollo de una estrategia geométrica para generar una forma con una complejidad semejante. Una vez definida ésta, es posible determinar sus deformaciones y solicitaciones para ajustar los bordes o los puntos y definir otra más eficiente, con el mismo patrón. Al igual que en la naturaleza, una forma es sólo una de las tantas representaciones posibles de un determinado patrón; existen, por lo tanto, infinitas soluciones posibles

El concepto que rige a la sustentabilidad desde el área de las estructuras es el material con que lo llevamos a cabo y la eficiencia de la estructura, en la que está presente la forma adecuada para resistir esfuerzos, el uso del plugin kangaroo es un elemento que deforma para conseguir resultados eficientes según la variable que queramos optimizar

El uso de estas herramientas posibilita también visualizar espacialmente la forma generada y realizar los ajustes necesarios con celeridad, lo que implica una ventaja de los modelos virtuales frente a maquetas reales. El interés del proyecto reside entonces no sólo en la forma resultante, sino también en el proceso que la genera.

DESARROLLO

En esta línea se presentan trabajos cuyo proceso de diseño surge a partir de las primeras ideas de Gaudí, sobre el funicular de las cargas, transferidas a métodos y modelos actuales. El objetivo de estos trabajos fue ensayar una nueva estrategia de diseño a partir de la utilización de un software en realidad un plugin de grasshoper, que posibilita la incorporación de fenómenos físicos a la geometría y así conseguir la optimización de la estructura.

Entonces mediante la generación de su geometría a partir de leyes físicas (la geometría como expresión de la acción de las cargas) en el cual se diseña sobre la base del comportamiento físico de estructuras.

A partir de la deformación simulada de una lámina plana, mediante la utilización de software específico como herramientas de diseño estructural, es posible la obtención de formas complejas, en sucesivos ajustes de la geometría hasta obtener aquella estructura que resulte más eficiente en su comportamiento desde el punto

de vista de deformaciones y tensiones límite. El método permite además examinar rápidamente muchas variaciones del mismo sistema con el fin de generar una rápida retroalimentación dentro del proceso de diseño, convirtiéndolo en un proceso evolutivo integrador.

Los ejemplos presentados han sido realizados como medio para el estudio de dicho programa.

Estos, de diverso origen y concepción, tienen en común el carácter exploratorio en lo referido a la generación de la forma que establece la relación entre Arquitectura y Tecnología, utilizando las geometrías complejas y los nuevos programas para resolver el problema de proyecto.

Como trabaja kangaroo? Es un motor de física, el cual se acopla perfectamente bien a Rhino siendo un plugin de grasshopper. Lo primero que debemos realizar es una superficie en Rhino plana de cualquier forma y se la transforma en una malla ver figura 1 luego asignarle una capsula mesh en grasshopper que la convierte en malla.

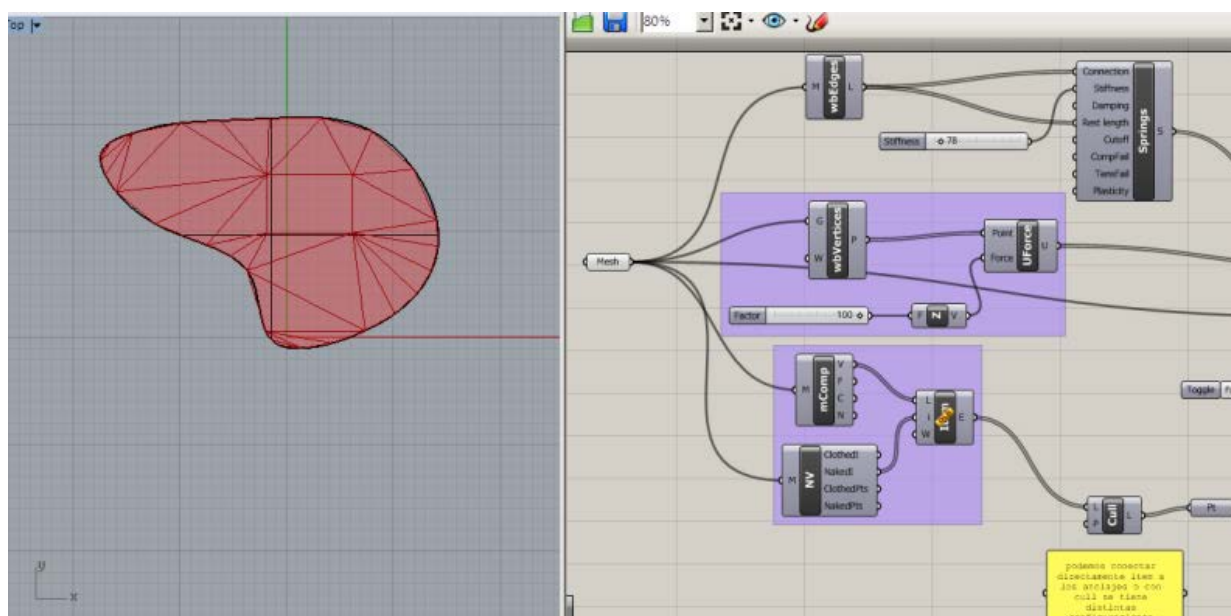


Figura 1

A esa malla tenemos con ayuda de otro plugin wb, el cual tiene sentencias que nos permiten extraer líneas y nudos de las mallas anteriormente generadas.

Las líneas serán conectadas con un primer bloque que se ocupa de dar las características mecánicas a la malla, matriz springs, la cual le da a esas líneas propiedades de rigidez, criterio de longitud después de la deformación aplicada, amortiguamiento, etc.

Luego se conecta la misma malla al segundo bloque el cual extrae nudos y se le pueden aplicar cargas o fuerzas verticales en cada nudo, en realidad cualquier tipo de fuerza viento, presiones etc.

Y el tercer bloque nos identifica nudos para definir cuales están anclados, por lo cual, se explota la malla, se identifican vértices que limitan mallas y con un criterio de orden se eligen dos de por medio en el borde ver figura 2

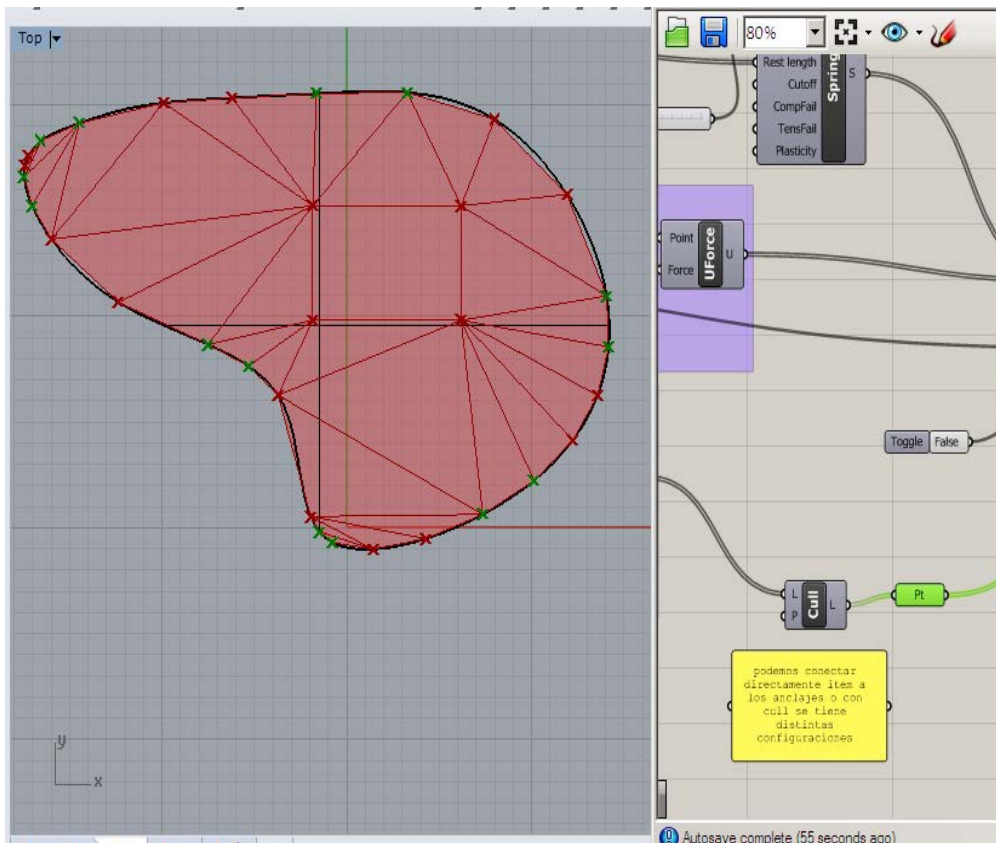


Figura 2

Por último, del esquema típico de kangaroo debemos conectar los dos primeros bloques springs y fuerzas al ítem de fuerzas y el de apoyos o anclajes, se activa la simulación y como salida colocamos otra malla la cual será deformada por acción de cargas. En este caso hemos colocado de 100 nw. en dirección del eje z, o sea vertical, y además activamos el timer y seteamos la rigidez en 0. Obtendremos grandes deformaciones ver figura 3

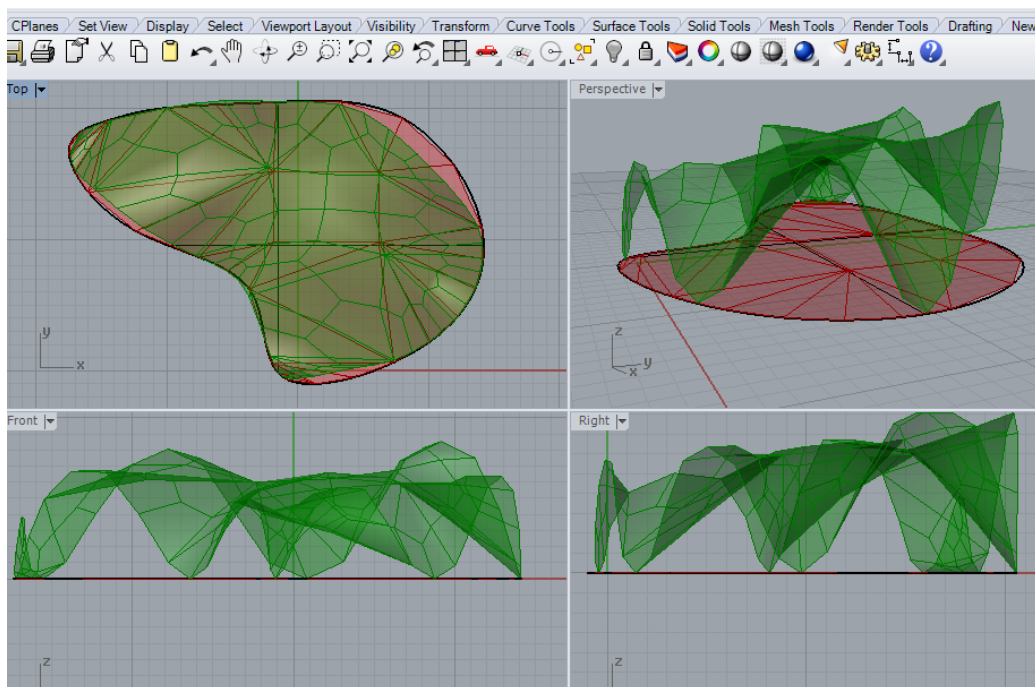


Figura 3

Aquí tenemos la superficie o malla original plana y la nueva deformada, conservando las longitudes iniciales de las barras de la malla si anulamos esto y aumentamos la rigidez será otra la configuración obtenida que respondería a relajación total y pura en la que varía los largos de las barras de la malla figura 4

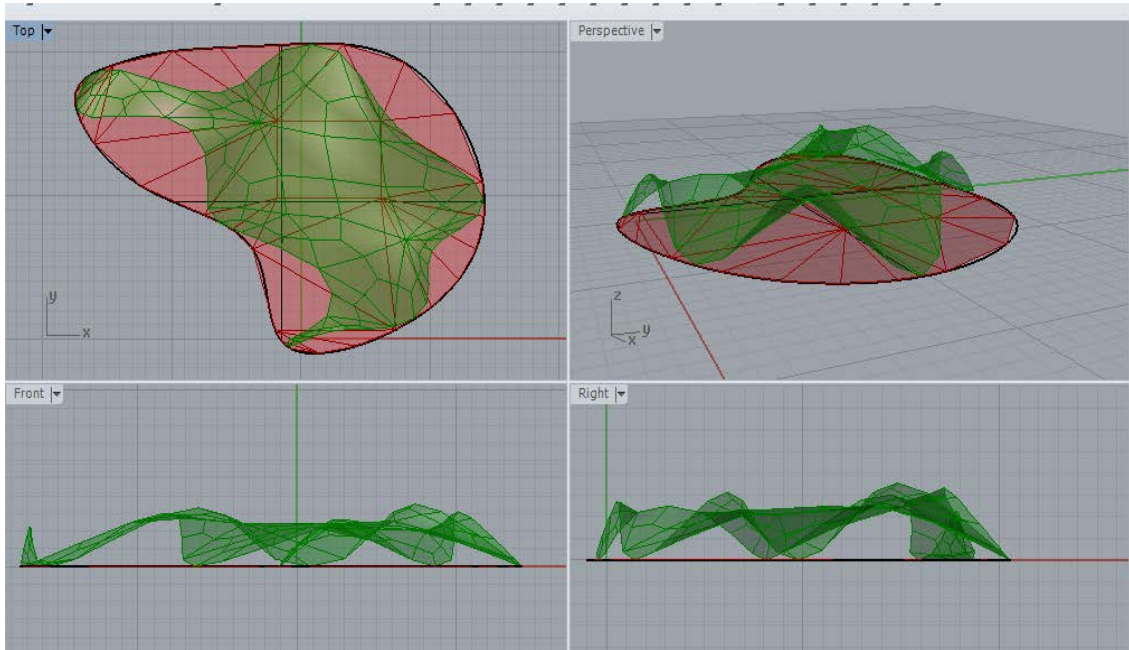


Figura 4

Así en este caso volviendo a fijar los largos de barras y aumentando aun más la rigidez obtenemos otra configuración, así seguiríamos con muchas más ver figura 5

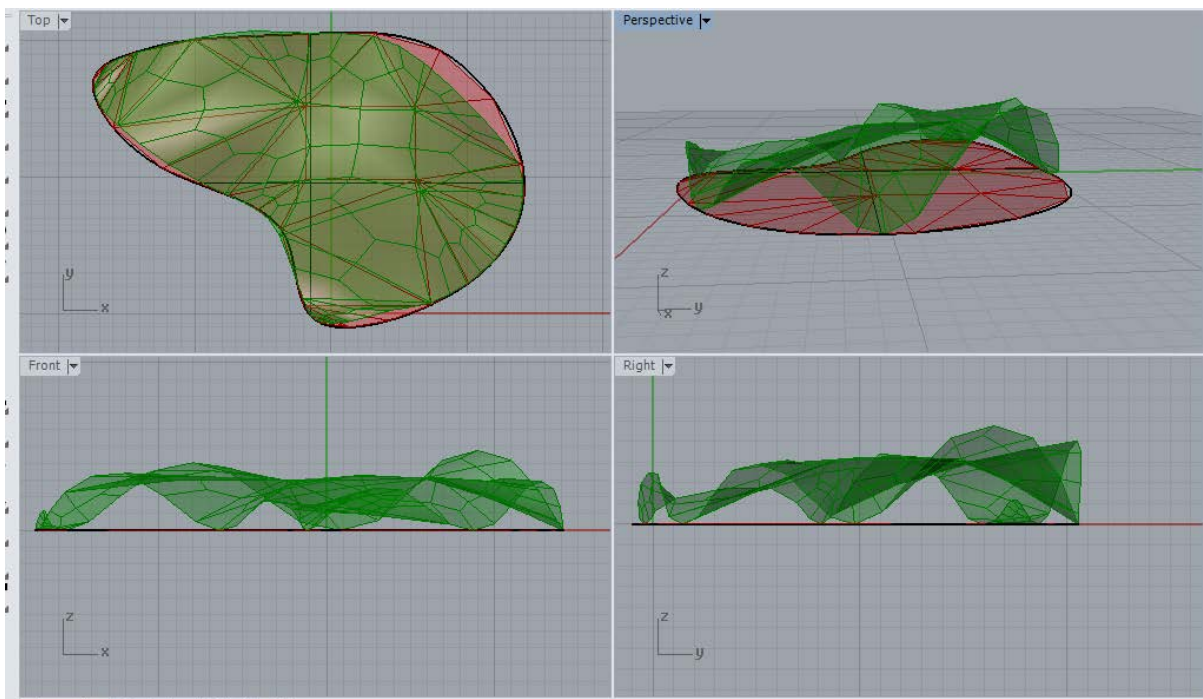


Figura 5

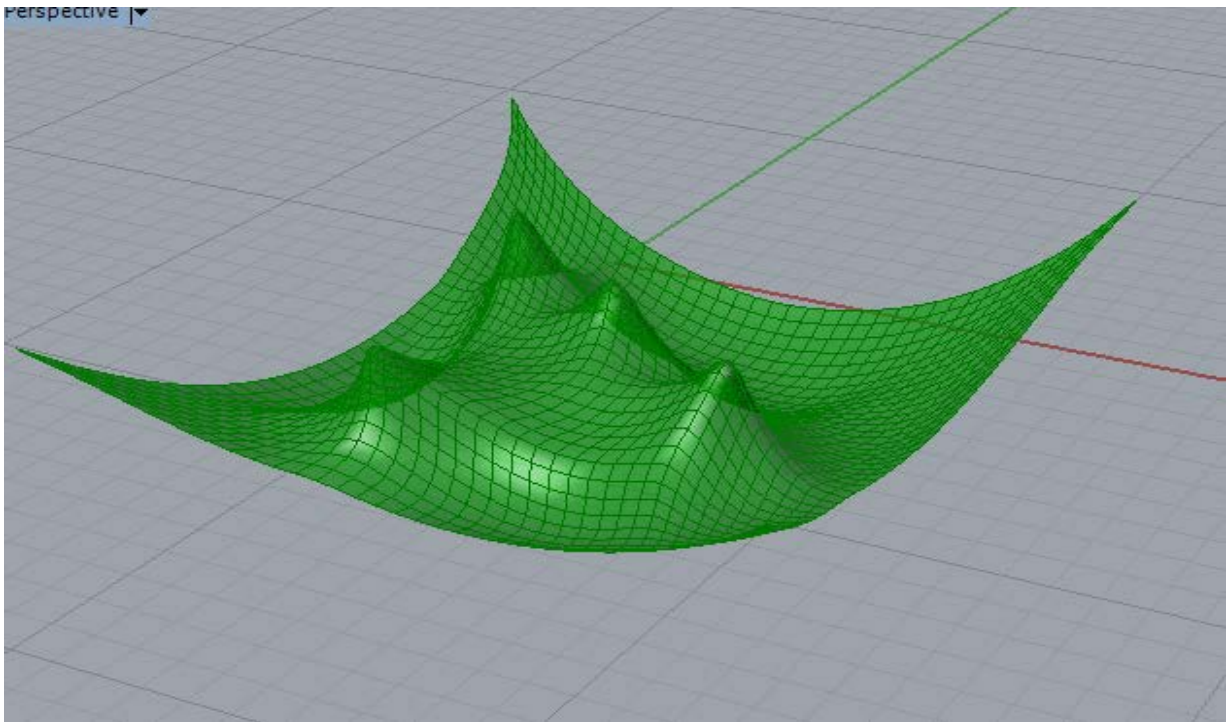


Figura 8

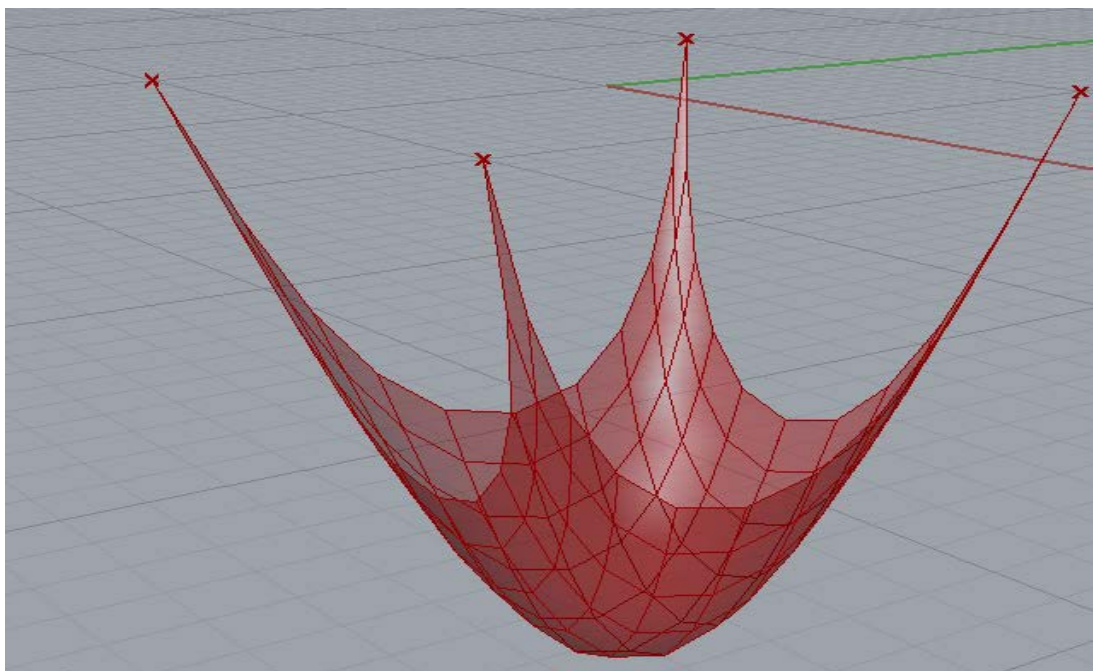


Figura 9

En el caso de la figura nueve, a una superficie plana cualquiera la que ha sido previamente convertida en una malla en este caso se le activo el modulo de carga de viento, simulado una bandera, la cual cambia su configuración geométrica en cada instante, nosotros tomamos un momento el cual es representado en la figura 9

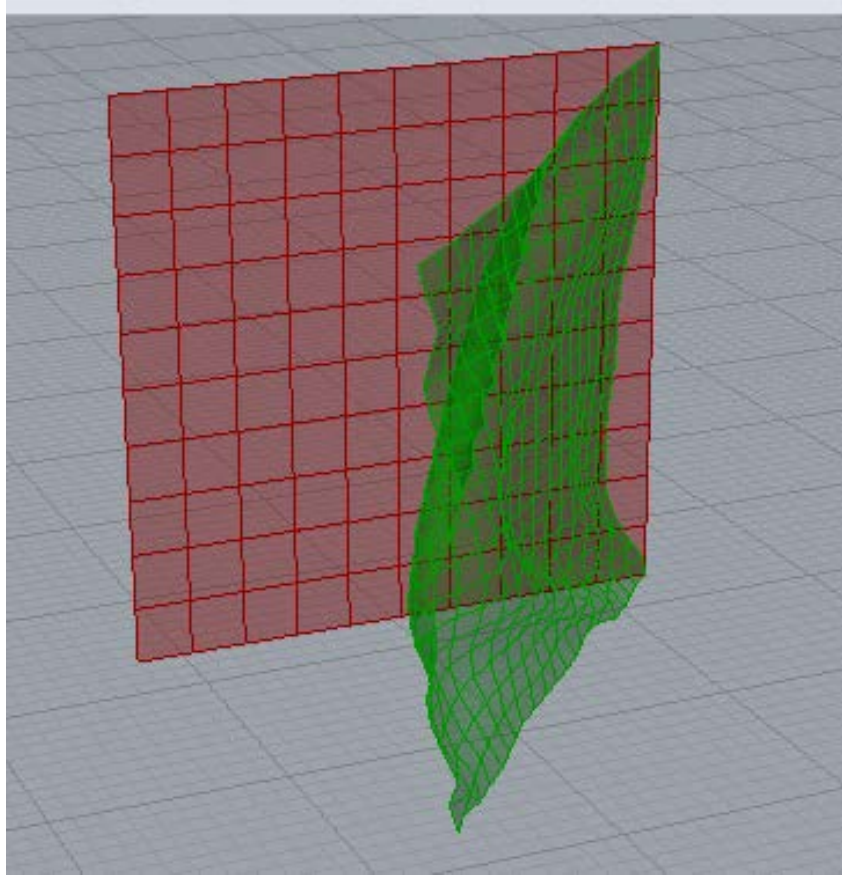


Figura 9

CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo fue posibilitar el desarrollo sistemático de ideas arquitectónicas tales como métodos de form finding, formas complejas ajustadas a las solicitaciones físicas, diseño de dispositivos optimizados por medio de un software de generación geométrica.

Por medio del diseño de algoritmos, en estas situaciones se a desarrollado y demostrado las posibilidades en las configuraciones o transformaciones que puede tener una superficie plana frente la deformación generada por cargas, a través de un software específico como kangaroo.

El algoritmo generado hace que las cargas pueden modificarse, en cuando a modulo o efecto es decir cargas gravitatorias o cargas de viento en estos casos analizados, obteniendo distintas configuraciones que responden al criterio de eficiencia estructural. Y al mismo tiempo muestran un proceso evolutivo del mismo.

Dichas configuraciones pueden ser aplicadas en obras de arquitectura o ingeniería obteniendo generaciones geométricas por un camino diferente.

Las configuraciones geométricas obtenidas muchas veces son impensables y esta herramienta nos permite producir superficies afectadas por distintos tipos de fuerza que muchas veces son inimaginables por un método tradicional.

Creemos que el desarrollo de este trabajo contribuye a mostrar cómo se pueden construir formas por otros caminos de los tradicionales y conservar eficiencia y así hacer de este mundo uno más sostenible.

Al mismo tiempo generar una geometría que es el ingreso gráfico a cualquier software de análisis estructural, como método de verificación del mismo.

Y mostrar el uso de nuevos programas que permiten una simulación en tiempo real y el poder articular y modificar con las propuestas de una manera activa y dinámica

REFERENCIAS

- 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