



“DISEÑO ESTRUCTURAL PARAMETRICO”

EJE 1. SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS

Ing. Farez, Jorge¹
Arq. Lordella, Patricio²
Arq. Fostel, Juan³

Facultad de Arquitectura y Urbanismo – UNLP, Argentina,

¹jorgeefarez@gmail.com

²juanfostel@gmail.com

³arqui_pato@live.com.ar

RESUMEN

En el presente documento se describe la creación de una metodología de diseño arquitectónico-estructural utilizando el modelado paramétrico, combinado con un análisis del comportamiento de los sistemas resistentes que se evalúan mediante optimizadores multi-objetivo. Estos aportan una herramienta para la exploración de un amplio espacio de diseño, como proceso de toma de decisiones y como aporte para la comprensión del funcionamiento estructural.

Los resultados muestran el intercambio de información en tiempo real entre los parámetros de la geometría, la arquitectura y la ingeniería, utilizándose principalmente en el área de la educación universitaria y la enseñanza conceptual de las estructuras.

El modelado arquitectónico se realiza teniendo simultáneamente los datos de la estructura, aportándole de esta manera herramientas al diseñador, que permiten ampliar las fronteras creativas para la materialidad del proyecto.

PALABRAS CLAVE: PARAMETRICISMO - ESTRUCTURAS - OPTIMIZADORES-SUSTENTABILIDAD

1. INTRODUCCIÓN

El arquitecto es el responsable de crear un diseño de alto rendimiento siendo éste el resultado de múltiples objetivos Venustas (belleza), Firmitas (firmeza) y Utilitas (utilidad) como proponía en su tratado ‘‘De Architectura’’ Marco Vitruvio.

A menudo éstos objetivos compiten entre sí y deben ser todos cuidadosamente equilibrados. Los avances en el diseño digital han traído una nueva libertad de diseño en la arquitectura, del

¹Profesor Titular Cátedra Estructuras FLL – Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata

²Docente de Curso Diplomado Cátedra Estructuras FLL – Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata

³Docente de Curso Diplomado Cátedra Estructuras FLL – Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata

mismo modo, la proliferación de herramientas de software de análisis ha ayudado a los ingenieros a calcular modelos estructurales complejos, permitiéndoles no solo realizar un análisis más exacto de su funcionamiento, sino también acelerando el proceso de análisis obteniendo resultados de tensiones, momentos y deformaciones en tiempo real con cálculos utilizando elementos finitos.

Nuestra propuesta consiste en incorporar desde el diseño arquitectónico preliminar los aspectos estructurales con herramientas paramétricas sencillas y con resultados en tiempo real.

De esta manera los cálculos de ingeniería que participan en el análisis y la evaluación se integran con los parámetros de diseño arquitectónico, desarrollando desde las primeras etapas del proyecto, las pautas para incorporar los conceptos y necesidades estructurales en las decisiones del Diseño Arquitectónico.

2. DESARROLLO

2.1 OBJETIVOS: Desarrollo de una herramienta de trabajo y producción en la etapa de proyecto de la obra arquitectónica que permita optimizar el proceso de diseño estructural para lograr un mejor aprovechamiento de la energía consumida antes, durante y finalizada la vida útil de la obra en estudio, con aplicación en el ámbito profesional y en el académico.

2.2 EQUIPO DE TRABAJO: Nuestro equipo de proyecto está conformado por arquitectos, ingenieros y programadores, permitiéndonos un trabajo multidisciplinar, realizando investigación y Docencia además de sumar experiencias reales en obras civiles.

2.3 METODO: En el presente trabajo se plantea, además, la utilización de optimizadores que se desarrollaron en nuestro equipo de trabajo para ser utilizados como un colaborador digital que nos orienta rápidamente sobre las mejores posibilidades de la estructura ideada para el proyecto en ejecución. El Optimizador desarrollado, Zirkel, tiene el objetivo de orientar al proyectista sobre cuáles son las mejores poblaciones de opciones dentro los objetivos particulares impuestos.

En el esquema estructural de la obra de la Fig.1, se plantea la utilización del optimizador estructural Zirkel (Brújula de Búsqueda), que nos permite verificar y analizar todas las variables teniendo en cuenta los aspectos estructurales, funcionales y constructivos impuestos como prioridad por el proyectista en cada objetivo.

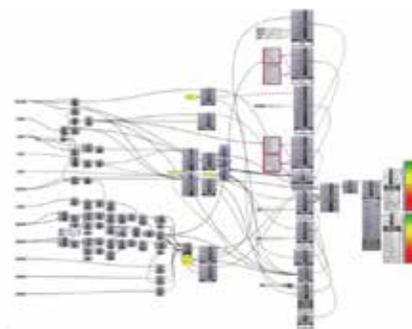
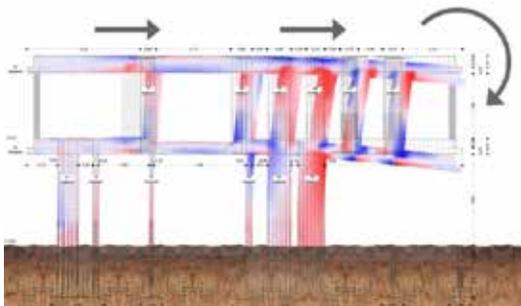


Figura 1. Obra en estudio. Modelado estructural

Figura 2. Desarrollo en Grasshopper

El termino parametricismo implica que todos los elementos del modelo son modificables, tanto en su posición como en su dimensión, orientación, forma, color, etc, y que a la vez todos éstos elementos están interrelacionados.

El Diseño Estructural Paramétrico utiliza este modelo de herramienta proyectual y los conecta a un visualizador, a un analizador estructural y a un Optimizador, permitiendo modificar las variables definidas en el proyecto, contando al mismo tiempo con los resultados que surgen de las

modificaciones de los parámetros del proyecto. De esta manera se obtiene, en forma instantánea, los resultados estructurales de las modificaciones que se realizan con el ajuste del proyecto permitiendo un dinamismo y una búsqueda más libre y creativa a la vez. (Fig. 2 y Fig. 3)

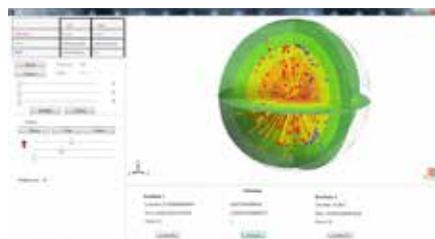


Figura 3. Obra terminada
Figura 4. Brújula de búsqueda “Zirkel”

Los colores identifican las deformaciones con las poblaciones de posibles soluciones estructurales

Este análisis en forma simultánea permite contar en forma inmediata con los datos necesarios que permiten evaluar la viabilidad de la idea arquitectónica. Por esta razón, el proyecto en lugar de ser una forma terminada, es el resultado de una determinada cantidad de parámetros y funciones programadas que pueden modificarse instantáneamente sus valores dentro del rango impuesto a cada parámetro. La Herramienta Paramétrica permite desarrollar nuevos conceptos, tanto en los aspectos proyectuales, de diseño estructural como de Enseñanza de las estructuras, esta última rama es donde más nos hemos focalizado. Teniendo en cuenta las necesidades de los estudiantes y profesionales de la construcción, se ha orientado el uso de la Herramienta Paramétrica, además, hacia la modelación desde visualizadores, como el Rhino, que permiten tener al estudiante y al arquitecto, en tiempo real, a medida que va esbozando su proyecto, los valores tensionales, y de deformaciones de la estructura que está creando.

2.4 SUSTENTABILIDAD: La utilización de la herramienta paramétrica como elemento de toma de decisiones, con sus Plugins desarrollados a propósito de las necesidades proyectuales, no debe acotar ni generalizar o poner un sello común a los proyectos; debe permitir la posibilidad de explorar nuevos horizontes que plantea el dinamismo de los paradigmas actuales.

Los condicionantes en la que la Arquitectura se desarrolla cambian permanentemente, generando una necesidad de dinamismo en los recursos proyectuales que hace imprescindible la incorporación de nuevas tecnologías que respondan adecuadamente a los nuevos paradigmas. La estructura, desde el punto de vista sustentable, debe dar respuesta e incorporarse a la necesidad de sustentabilidad, evaluando y analizando los sistemas estructurales tradicionales, incorporando como elemento de análisis, no solamente nuevas materialidades sino elementos comparativos de consumo energético de fabricación y su huella ecológica.

La incorporación de optimizadores y comparadores digitales para medir la eficiencia, no solo deben tener en cuenta el consumo volumétrico y pesos estructurales, sino también su gasto energético de fabricación y su efecto en el medio ambiente formando parte de una exigencia para la evaluación de la eficiencia de los proyectos.

Los plugins desarrollados van en búsqueda, no solamente de constituirse en una herramienta eficaz de uso para optimizar los proyectos y maximizar la formación en los aspectos estructurales a los futuros Arquitectos, sino que deberían ser también utilizados para medir a los proyectos en su eficacia sustentable.

Esta línea de investigación surge de preguntarnos, ¿cómo podemos crear edificios más eficientes? Si bien es un tema muy investigado en estos tiempos, generalmente para el análisis de sustentabilidad que se hace para una edificación se tiene en cuenta la vida útil del edificio y el consumo energético de su uso en ese lapso. Nuestra propuesta consiste en encontrar soluciones previas al uso del edificio, por lo que proponemos analizar la optimización desde el proceso de diseño, utilizando el optimizador multi objetivo Zirkel (Fig.4). Agregando las nuevas materialidades y su eficacia sustentable medida por su consumo energético de fabricación. Ver Tabla 1

La eficacia estructural de distintos materiales en terminos de la energia que se necesita para fabricarlos

Material	Energia necesaria para asegurar una determinada rigidez al conjunto de la estructura	Energia necesaria para producir un panel de una tension de rotura a compresion deter.
Acero	1	1
Aluminio	4	2
Ladrillo	0.4	0.1
Hormigón	0.3	0.05
Madera	0.02	0.002

Tabla 1

Impacto de la construcción

Como bien sabemos todos los sectores económicos de la sociedad tiene una influencia, generalmente negativa, sobre el medio ambiente.

El sector de la construcción como veremos en el siguiente gráfico (Fig.5), es uno de los que mayormente repercute en los niveles de contaminación ambiental, por este motivo hace un tiempo se viene promulgando la sustentabilidad edilicia.



Figura 5. Ref. Datos de las Naciones Unidas

Impacto de la construcción mundial

Los materiales de la construcción inciden en el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida, desde su primera fase (extracción del material) hasta el final de su vida útil (tratamiento como residuo), pasando obviamente por todas sus fases intermedias que veremos a continuación.

Si se suman todas sus etapas, la construcción es el sector con mayor Huella Ecológica de nuestro plantea. Conforme a

los datos de las naciones unidas, la construcción contribuye hasta en un 30% en las emisiones anuales de gases de efecto invernadero, consume hasta un 40% de la energía, extrae un tercio de los materiales del medio natural, genera el 40% de los residuos sólidos urbanos, consume un 12% del agua posible y ocupa el 12% del territorio del planeta. Además, económicamente es responsable del 10% del PIB mundial (BENITE, 2011)

2.5 OPTIMIZADORES: Todo diseñador piensa de manera paramétrica, busca la mejor relación entre parámetros priorizando los que cree necesarios, dándole como resultado unos pocos modelos. El sistema paramétrico busca resolver el proceso de pensamiento permitiendo modificar de manera rápida los parámetros y prioridades, dando automáticamente la mayor cantidad de resultados posibles.

El diseñador hoy en día tiene cierto interés por la creación y programación de objetos o tareas dentro del software. El sistema paramétrico busca resolver el proceso de pensamiento permitiendo modificar de manera rápida los parámetros y prioridades, dando automáticamente la mayor cantidad de resultados posibles.

Grasshopper es un editor gráfico algorítmico relacionado con herramientas de modelado 3D de Rhinoceros, este programa de código abierto permite no solo a los diseñadores crear y programar componentes, sino también realizar un trabajo multidisciplinar donde ingenieros en sistemas configuran funciones específicas para facilitar el análisis y la elaboración de tareas.

En el inicio del proyecto las técnicas paramétricas permiten análisis de comportamiento estructural energético en forma general. Esta aproximación se conoce como diseño generativo, ya que a través de distintos procesos algorítmicos se genera una forma según criterios de evaluación establecidos. Los resultados obtenidos deberán ser validados por análisis tradicionales que permitan verificar las normativas vigentes y también revisar su ejecución. (Fig.6)

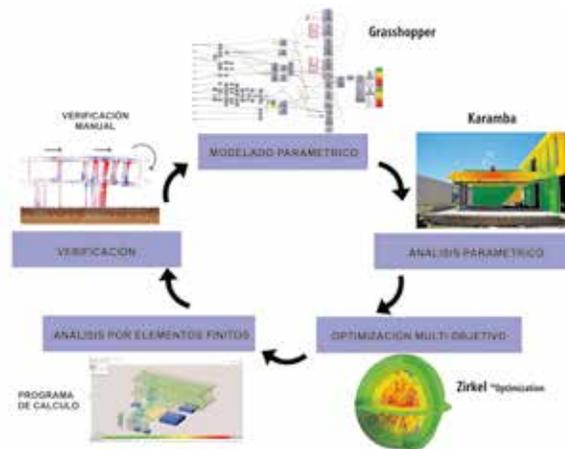


Figura 6.

2.6 ENSEÑANZA: Esta nueva forma de enseñar está siendo aplicada desde hace más de cuatro años en la asignatura Estructuras III y en el Curso de Posgrado de Diseño Estructural Parametrico dictado en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata (FAU UNLP), Buenos Aires, Argentina. (Fig.7; Fig.8; Fig.9, Fig.10 y Fig. 11)

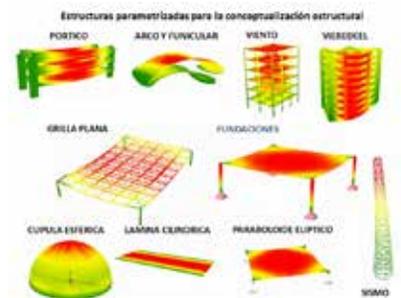


Figura 7.



Figura 8. Concurso “Complejo Tribunal en Necochea” 3er. Premio
Arqs. Santinelli y Squillacioti

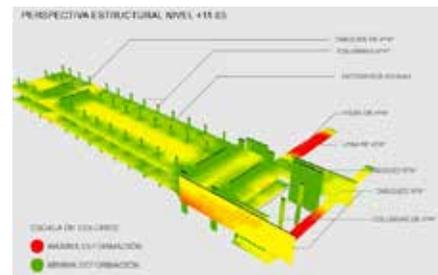
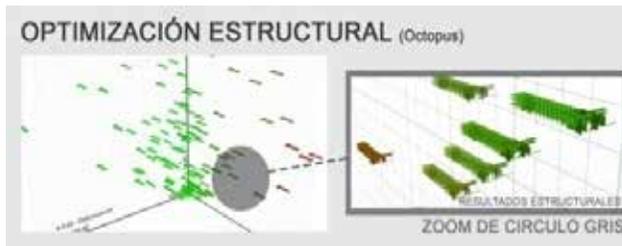


Figura 9. Concurso “Complejo Tribunal en Necochea” Diseño Estructural Paramétrico: Ing. J.Farez - Arq. P. Lordella
Figura 10. Proceso de optimización

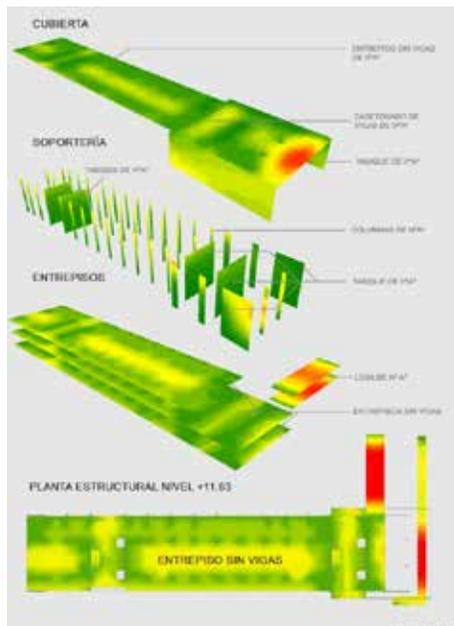


Figura 11. Concurso “Complejo Tribunal en Necochea”. Diseño Estructural Paramétrico:
Ing. J.Farez - Arq. P.Lordella

2.7 ZIRKEL: Herramienta de uso conceptual para la comprensión del funcionamiento estructural desarrollado y orientado a evaluación de proyectos estructurales y enseñanza de las Estructuras para estudiantes de Arquitectura. Fig.13

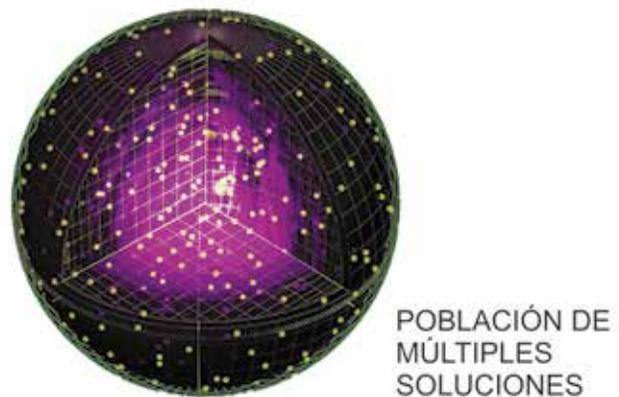


Figura 12. Zirkel ® optimizador estructural multi – objetivo desarrollado por nuestro equipo

Reconocimiento:

Facultad de Arquitectura y Urbanismo UNLP, Buenos Aires, Argentina
Preisinger-Clemens consultores para problemas con Karamba.
David Rutten consultor para componentes de Grasshopper.

3. CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación describen metodologías de trabajo y los métodos para evaluar las propuestas alternativas de diseño en etapas tempranas, obteniendo en tiempo real datos imprescindibles para la libertad proyectual y toma de decisiones. Una forma arquitectónica no sólo puede ser analizada sobre la base de su comportamiento estructural, pero si puede ser derivada a través del proceso de simulaciones estructurales.

El uso de Zirkel y el comparador nos da un acercamiento y comprensión conceptual del funcionamiento estructural y permite obtener las poblaciones de resultados que resulten adecuadas a las expectativas propuestas por el proyectista.

BIBLIOGRAFÍA

- Farshid Moussavi (2016). *The Function of Form*. EE.UU. Ed. Actar and the Harvard University Graduate School of Design
- J.E. Gordon (1999). *Estructuras O Por Que Las Cosas No Se Caen*. Ed. Celeste Ediciones
- Jorge Wagensberg (2013). *La rebelión de las formas*. Ed. Tusquets Editores S.A.
- Jorge M. Schamun (1999) *Introducción al método de los elementos finitos* Edit. CEILP-UNLP

REFERENCIAS / LINKS DE INTERES

- <https://www.karamba3d.com/> David Rutten
- <http://estructurasfl.wixsite.com/unlp>
- <http://www.grasshopper3d.com/>
- [http://www.innovativeresearchpublication.com/documents/papers/Dubai2016/ICSACE paper 5.pdf](http://www.innovativeresearchpublication.com/documents/papers/Dubai2016/ICSACE%20paper%205.pdf) Proceedings of 2nd International Conference on Structural Architectural and Civil Engineering, Held on 19th - 20th November 2016, in Dubai, U.A.E ISBN: 9788193137376
- CRETA X (29, 30 y 31 de agosto de 2018). Facultad de Arquitectura y Urbanismo-UNLP. Buenos Aires, Argentina